

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 - Strojírenství

Materiály a technologie  
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie  
Oddělení tváření kovů a plastů

**Aplikace plechů s povrchovou úpravou NST při stavbě karosérie**

Application of New surface treatment on EG metal  
sheet during assembling of automobile body

**Ondřej Pytela**

KSP - TP – B

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.  
Konzultant diplomové práce: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.

Počet stran: 45

Počet tabulek: 6

Počet příloh: 11

Počet obrázků: 35

Datum: 24.5.2013

## Vložené zadání

# ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 – Strojírenství  
Student: Ondřej Pytela  
Téma práce: Aplikace plechů s povrchovou úpravou NST při stavbě karosérie  
Číslo BP: KSP-TP- B  
Vedoucí BP: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.  
Konzultant: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.

## Abstrakt:

Cílem práce je zjištění vlivu odmaštění, čištění povrchu adherendu, které se uskutečňuje před procesem tažení, na pevnost lepeného spoje u nového typu povlaku NST na ocelovém pozinkovaném plechu používaném při stavbě karoserie. Pro testování byla zvolena destruktivní metoda zkoušení pevnosti lepených spojů, test pevnosti v odlupu podle normy ČSN ISO 11 339.

## Abstract:

The aim of the bachelor's thesis is to determine the influence of degreasing and cleaning of the surface of adherent, which is executed before the drawing process, on the adhesive joint strength of a new type of NST zinc coated sheet used in a construction of vehicle bodywork. The destruction method was chosen to test the strength of adhesive joints, according to standard ČSN ISO 11 339.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 24. května 2013

.....  
Ondřej Pytela  
Sportovní 497, Trutnov



Rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Michaele Kolnerové, Ph.D. za odbornou pomoc při vypracování teoretické a experimentální části. Za hodnotné připomínky a podněty poskytnuté během zpracování naměřených výsledků. Také bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Doubkovi, Ph.D. za odbornou pomoc při prováděných měřeních a poskytnutí potřebných informací ke zpracování naměřených výsledků. Také bych chtěl poděkovat rodičům, prarodičům, za jejich podporu a trpělivost v průběhu celého mého studia.

## OBSAH

Obsah .....	6
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	8
1. Úvod .....	9
2. Teoretická část .....	10
2.1. Charakteristika plechů karosářského typu .....	10
2.1.1. Požadavky na povrchy plechů pro karosářské výlisky .....	11
2.1.2. Materiály používané na výrobu karosářských výlisků .....	11
2.1.3. Ocelové plechy s povlaky na bázi zinku a jejich ochranná funkce .....	12
2.1.4. Žárově pozinkované plechy (HDG) .....	12
2.1.5. Elektrolyticky pozinkované plechy (EG) .....	13
2.1.6. Morfologie povrchu plechů .....	13
2.1.7. Nové povlaky .....	13
2.2. Charakteristika hlubokého tažení .....	14
2.2.1. Vliv technologických parametrů na proces hlubokého tažení .....	15
2.2.2. Vliv tření na proces hlubokého tažení .....	16
2.2.3. Charakteristika tribologie .....	16
2.2.4. Procesy mazání .....	17
2.3. Charakteristika lepení .....	17
2.3.1. Základy technologie lepení .....	18
2.3.2. Teorie lepení .....	19
2.3.2.1. Výhody lepených spojů .....	19
2.3.2.2. Nevýhody lepených spojů .....	21
2.3.3. Lepidla .....	21
2.3.2.1. Hlavní složky lepidla .....	21
2.3.2.2. Rozdělení lepidel .....	21
2.3.2.3. Lepidla pro lepení karosérií automobilů .....	22
2.3.2.4. Epoxidové pryskyřice .....	22
2.3.2.5. Kaučuková lepidla .....	23
2.3.2.6. Polyuretany .....	23
2.3.2.7. PVC .....	23
2.3.4. Faktory ovlivňující pevnost lepeného spoje .....	23
2.3.3.1. Lepený materiál .....	23
2.3.3.2. Technologické podmínky .....	24
2.4. Zkoušky pro hodnocení lepených spojů .....	26

2.4.1. Rozdělení zkoušek .....	26
2.4.2. Hodnocení typu porušeného lepeného spoje u zkušebních těles .....	28
3. Experimentální část .....	29
3.1. Cíl experimentu .....	29
3.2. Příprava vzorků .....	29
3.2.1 Adherendy použité na vzorky .....	29
3.2.2 Nastřihání a ohýbání vzorků .....	30
3.2.3 Odmaštění, očištění vzorků .....	30
3.2.4 Označení vzorků .....	31
3.2.5 Nanesení maziva .....	31
3.3. Vlastní lepení .....	32
3.3.1 Nanesení lepidla .....	32
3.3.2 Vytvrzení lepidla .....	34
3.4. Zkoušky vzorků .....	35
3.4.1. Hodnocení pevnosti lepeného spoje .....	35
3.4.2. Hodnocení porušení lepeného spoje .....	35
4. Vyhodnocení a diskuze výsledků.....	36
4.1. Vyhodnocení a diskuze pevnosti v odlupu .....	36
4.2. Vyhodnocení a diskuze typů porušení .....	39
5. Závěr .....	42
6. Seznam literatury .....	44
7. Seznam příloh .....	45

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Význam
$k$	[-]	bezpečnost lepeného spoje
$\tau$	[MPa]	smykové napětí ve spoji
$\tau_L$	[MPa]	smyková pevnost lepidla udávaná výrobcí lepidel
$\tau_D$	[MPa]	dovolená pevnost lepidla ve smyku
$\tau_{DT}$	[MPa]	dovolené smykové napětí v lepené ploše
$\sigma_{DT}$	[MPa]	dovolené tahové napětí plech. dílce
$F$	[MPa]	zatěžující síla [N]
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha lepeného spoje
$s_p$	[mm]	tloušťka plech. dílce
$l$	[mm]	délka přeplátování
$b$	[mm]	šířka lepeného spoje
$F_{sab}$	[mm]	střední pevnost v odlupu
$F_s$	[mm]	Střední síla v odlupu
$b$	[mm]	šířka lepeného spoje [mm],
$\bar{F}_{sab}$	[mm]	průměrná hodnota pevnosti v odlupu
$F_{sab}$	[N/mm]	pevnost v odlupu jednotlivých vzorků [N/mm]
$n$	[-]	počet vzorků
$s$	[N/mm]	směrodatná odchylka
$\bar{F}_{sab}$	[N/mm]	průměrná hodnota pevnosti v odlupu
$F_{sab}$	[N/mm]	pevnost v odlupu jednotlivých vzorků
$R_m$	[MPa]	pevnost v tahu
$R_{p0,2}$	[MPa]	smluvní mez v kluzu
AF		adhezni porucha lep. spoje
CF		kohezní porucha lep. spoje
SCF		speciální kohezní porucha lep. spoje
Zn		zinek
SBT		Shot Blast Texturing
EDT		Electric Discharge Texturing
LT		Laser Texturing
EBT		Elektro Beam Texturing
Pretex		chromování pracovního válce
EG		elektrolytický pozinkovaný plech
HDG		žárově pozinkovaný plech





## 1. Úvod

Produkci v automobilové výrobě provázejí vysoké nároky na kvalitu a nejmodernější technologie. Zhotovování současného automobilu se skládá z několika dílčích fází. Podstatnou část pracovního procesu představuje výroba a kompletace karosérie. Jednotlivé karosářské díly jsou vyráběny technologií *tažení* a při následné kompletaci dílů je zastoupena technologie *lepení*, jakožto důležitá alternativa pro spojování komponentů.

Z hlediska výsledného efektu kvality karosérie jsou jedním z důležitých aspektů, kvalita výlisků a *funkční vlastnosti lepených spojů karosérie*.

Pro výrobu výlisků se používají převážně *žárově nebo elektrolyticky pozinkované plechy*. Pozinkované plechy jsou vhodné především relativně nízkou cenou a vysokou odolností proti korozi. Při tažení však mají sklony k zadírání, porušování soudržnosti ochranného povlaku atd. *Pro zamezení zadírání jsou na pozinkované plechy aplikovány speciální povlaky*, které zlepšují tribologické vlastnosti, snižují koeficient tření při tažení. V rámci vývoje byl výrobcem plechu Acelor Mittal Ostrava vytvořen nový povlak s označením NST (New surface treatments), který je na bázi mastných kyselin a v současné době je ve stádiu testování. Při testování těchto speciálních povlaků, které jsou vyvíjeny pro zlepšení tribologických vlastností při tažení, je důležitý i následný vliv povlaku plechu vzhledem k následným montážním operacím, např. na vlastnosti lepených spojů.

Cílem bakalářské práce bylo posoudit *vliv nově vyvíjeného povrchu s povlakem NST na kvalitu lepených spojů*. Zjišťování užitečných vlastností bylo provedeno na základě porovnání metody odmašťování jako dílčí část procesu mazání při pracovním postupu zpracování plechu tažením jako předcházející operace před vlastním lepením. Pro posouzení pevnosti spoje byla použita *zkouška v odlupu dle ISO 11 339* a vzorky testovány ve dvou tepelných zátěžích (teplota RT a +80°C).

## 2. Teoretická část

Při výrobě karoserie v automobilové výrobě urazí plechový díl dlouhou cestu výrobními operacemi, než se získá z dodávaného svitku plechu konstrukce automobilu s výslednou podobou. Zpracování plechu, dodávaného ve svitcích z oceláren, začíná v lisovnách na nástřihové lince. Nástřihová linka obsahuje rovnačku, mazačku a lis, kde se ze svitků vystřihne přístřih, což je vstupní materiál do lisovací linky. Lisovací linka se skládá z několika tvářecích strojů – lisů. Vstupní zařízení je **pračka**, kde se z povrchu plechu odstraňují veškeré nečistoty, které by byly patrné na finálním laku karosérie. Linka dále disponuje **mazačkou** plechu, která slouží k nanášení maziva na tvářený výlisek, aby při tažení složitých tvarů nedocházelo k zadírání během procesu. V prvním lisu se provádí tahová operace, kde se výlisek vytáhne do požadovaného tvaru, pak výlisek postupuje dalšími lisy, kde se vystřihují díry, ohýbají stojiny atd. Hotové výlisky se odváží na další pracoviště do svařovny, kde se spojují mimo jiné i **lepením**, a vzniká karoserie automobilu, která se dále upravuje. Schéma postupu plechu výrobními procesy při výrobě karoserie je na obr. 2.1. [1, 2]



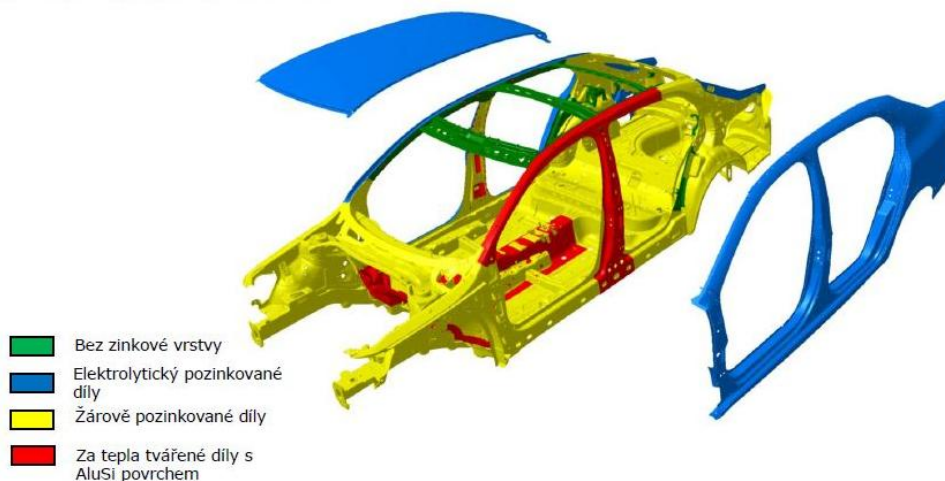
Obr. 2.1: Schéma zpracování plechu

### 2.1 Charakteristika plechů karosářského typu

Na plech jako konstrukční materiál jsou kladeny neustále nové požadavky. Standardní nízkouhlíkové ocelové plechy na stavbu karoserie se dnes používají jen v malé míře, tento typ materiálu byl nahrazen povlakovanými ocelovými plechy. Povrchová vrstva musí poskytovat účinnou ochranu proti korozi a zároveň tyto plechy musí splňovat požadavky na dobrou

lisovatelnost, na povrchu plechu se proto vytváří *morfologie* s požadovanou mikrogeometrií. [2]

Pro příklad u automobilu Škoda Superb II (obr. 2.1.1) jsou proti korozi povrchové plechy chráněny *elektrolytickým zinkováním* do tloušťky povlaku 8  $\mu\text{m}$ , vnitřní plechy pak do tloušťky 10  $\mu\text{m}$  *žárovým zinkováním*. *Vysokopevnostní část je tvářená za tepla s AluSi povrchem*. Zbývající minimální část plechu je bez zinkové vrstvy. [1, 3]



Obr. 2.1.1: Superb II – povrchová ochrana [3]

### 2.1.1 Požadavky na povrchy plechů pro karosářské výlisky

V případě ocelových plechů je kvalita povrchu povlaku určována zejména stavem povrchu hladicích válců při finálních úpravách v hutích. Povrch plechu musí být vytvářen tak, aby splňoval tyto požadavky:

- schopnost přijímat mazivo
- morfologie povrchu nesmí umožňovat odtékání maziva
- během tváření nesmí dojít k nárůstu oblastí s třecími plochami v přímém styku
- nesmí docházet k odtržení filmu vytvořeného na povrchu mazivem [2]

Specifické vlastnosti bude mít povrchová vrstva u plechů s ochrannými povlaky na bázi zinku nebo jeho slitin. Zde bude totiž o kvalitě stavu povrchu rozhodovat také druh a způsob nanášení povlaku. U těchto plechů musíme počítat s výraznou změnou řady vlastností, což se do značné míry projeví např. na morfologii povrchu, mikrotvrdosti povrchové vrstvy. [2]

### 2.1.2 Materiály používané na výrobu karosářských výlisků

Přestože se v posledních letech někteří výrobci automobilů pokoušejí do výroby prosadit co nejvyšší podíl plechů hliníkových, úspora hmotnosti na jednotlivých dílech a potažmo na celé karoserii stále není v porovnání s ekonomickou nákladností v poměru umožňující výhodnou sériovou produkci. Nevýhoda dílů z hliníkových slitin je i náročná technologie spojování dílů. I proto *ocelové plechy* dosud zůstávají *nejpoužívanějším materiálem* pro výrobu karoserií. Plechy

používané pro automobilový průmysl se rozdělují na:

- hlubokotažné plechy z ocelí uklidněných hliníkem
- pevnostní oceli (IF ocele)
- plechy z vysokopevnostních ocelí [2]

Více informací o výše uvedeném rozdělení plechů a jejich charakteristikách je k nalezení v literatuře [2, 3].

### **2.1.3 Ocelové plechy s povlaky na bázi zinku a jejich ochranná funkce**

V posledních letech značně vzrostly požadavky spotřebitelů na jakost protikorozi ochrany automobilových karosérií, neboť je známo, že životnost moderního automobilu je do značné míry ovlivněna životností ocelové karoserie. Pro splnění požadavků, které jsou na ochranné povlaky kladeny je třeba, aby byly povlaky nanášeny na kovově čistý a vhodně upravený materiál. Ochranné působení vrstvy zinku má podstatně zvýšit odolnost úplného ochranného systému proti podkorodování a výrazně oddálit korozi ve spárách a dutinách, kde vlastní nátěrový systém není úplný nebo je méně kvalitní. Životnost povlaku a jeho ochranná účinnost je v první řadě závislá na dokonalé vazbě systému: povlak - základní materiál a na tvářitelnosti povrchové vrstvy. [2]

Problémem při použití povlakovaných plechů je zhoršení kvality při samotném lisování, kdy dochází k adhezi mezi povlakem plechu a nástrojem, což způsobuje *zadírání* nebo *stírání povlaku*. V praxi používané metody vytváření ochranných povlaků:

- žárové pokovení, ponořením do roztaveného kovu slitin kovů (Fe-Zn, Al-Zn)
- elektrolytické nanášení povlaku na bázi zinku (Zn-Fe, Zn-Ni) [2]

### **2.1.4 Žárově pozinkované plechy (HDG)**

Proces žárového pozinkování spočívá v namáčení ocelových plechů do tekutého zinku o teplotě cca 450°C, kdy dochází mezi železem a zinkem k metalické reakci. Vzniká tak metalický zinkový povlak o tloušťkách 7 až 200 μm dle požadavků použití. Plechy povrchově upravené touto metodou mohou být tepelně ovlivněny v důsledku průchodu zinkovou lázní. Povrchová vrstva bývá tvrdší než u galvanického pokovování a je hrubší struktury. Z tohoto důvodu je vhodné před tvářením zarovnat povrchovou vrstvu převálcováním. Žárově pozinkované plechy jsou odolné proti korozi i při poškození povlaku, jsou vhodné pro hluboké tažení náročných karosářských výlisků, velice dobrá jakost povrchu umožňuje použití na viditelné lakované díly. Díky elasticitě zinkové vrstvy je vyloučeno riziko popraskání.

### **2.1.5 Elektrolytické pozinkované plechy (EG)**



Při elektrolytickém způsobu pozinkování mívá dosažená vrstva zinkového povlaku běžně tloušťku 7 až 10  $\mu\text{m}$ . Na rozdíl od žárového zinkování nedochází při galvanickém procesu ke změnám původních mechanických vlastností, zejména hlubokotažnosti, lze takto připravit i velmi tenké vrstvy až 3  $\mu\text{m}$  a galvanický způsob nabízí možnost přípravy i pouze jednostranně pozinkovaných plechů. Samotný povlak je tvořen v pozinkovací komoře, dle polohy komory je např. elektrolyt vstřikován středově mezi anodu a pás plechu.

Tento způsob zajišťuje vysokou chemickou čistotu povlakové vrstvy a rovnoměrnou tloušťku povlaku. Jakost povrchu, kontrolovatelná textura určuje vhodnost k lakování viditelných dílů, které odpovídají nejvyšším nárokům. Povlak nabízí výbornou korozní odolnost, i když je poškozený (např. poškrábaný). Při elektrolytickém zinkování se dosahuje velmi tvárné houževnaté vrstvy, která odolává i značným přetvořením. Povlak se vyznačuje velmi dobrou tvářitelností a proto je vhodný k hlubokému tažení. Morfologie povrchu plechu není tak výrazná, protože zinková vrstva kopíruje morfologii základního materiálu, který je již po finálním hlazení. Kvůli nepříznivým tribologickým vlastnostem je vhodná chemická úprava u obzvláště náročných výlisků (oproti HDG). [2, 5]

### 2.1.6 Morfologie povrchu plechů

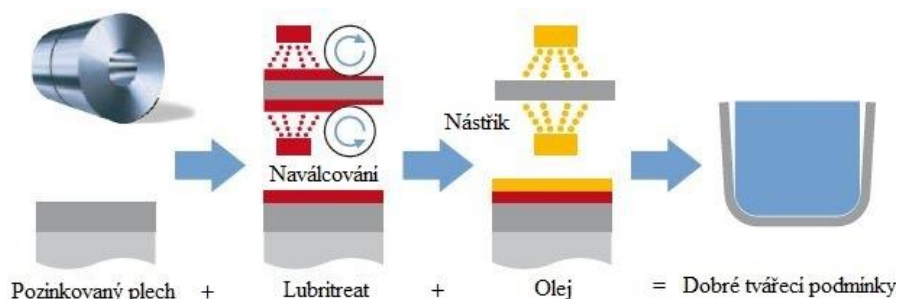
Na plechy s povlaky EG nebo HDG se vytvářejí morfologie z důvodu lepší lisovatelnosti. Problematikou vytváření morfologie povrchu plechu určeného na pohledové části karoserie automobilu se zabývají všichni přední světoví výrobci plechu. Požadovanou morfologii plechů docílíme speciálním typem opracování povrchu hladících válců, vytvořením určitého reliéfu na povrchu plechů při finálním válcování. Jsou známy mnohé způsoby texturování např. SBT, EDT, LT, EBT, Pretex, jednotlivé charakteristiky uvedené v literatuře [2, 5]. Všechny metody mají společný cíl, hledání povrchu, který je optimální jak pro lisovatelnost, tak pro kvalitu laku. Z hlediska vývoje povrchů plechů se kromě vytváření morfologie pro lepší tribologické vlastnosti vyvíjejí i zcela nové povlaky. [2, 5]

### 2.1.7 Nové povlaky

Z důvodů nestále se zvyšujících požadavků na vysokou výslednou kvalitu výlisků se v současné době vyvíjejí nové povlaky na ocelové plechy pro zlepšení technologických vlastností při procesu hlubokého tažení. Tyto povlaky by měly zlepšovat tribologické vlastnosti při výrobní technologii tažení. Jejich úkolem je zejména snížit koeficient tření a eliminovat poškození nástroje a tvářeno materiálu.

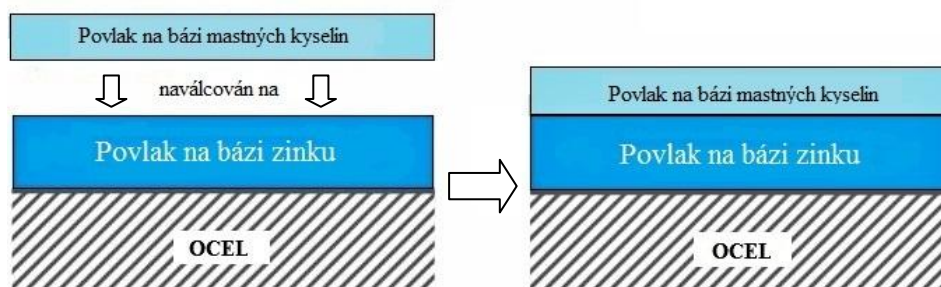
V současné době se v průmyslové výrobě pro výrobu dílů karoserie automobilu používají plechy s různými typy povrchových úprav např. povlak *NIT* (*anorganická úprava povrchu*). Na povrch plechu je nástřikem aplikován heptahydrát síranu zinečnatého, bílá skalice, v množství 20  $\text{mg}/\text{m}^2$ .

Pod názvem *Lubritreat* se používá pozinkovaný ocelový plech se speciálním povlakem účinného vysoce formovacího oleje, nestékavého při skladování, který lze použít místo olejů holt-melt, prelube nebo místo fosfátování. Příprava plechu s povlakem Lubritreat k tváření s dalším volitelným mazivem je znázorněna na obr 2.1.3.



Obr. 2.1.3: Schéma výroby povlaku Lubritreat [4]

V současné době nově vyvinutý povlak pro zlepšení tribologických vlastností při výrobním procesu tváření, zatím tedy ve fázi testování, je povlak na bázi mastných kyselin nanášený naválcováním na elektrolyticky pozinkovaný ocelový plech, pod označením *NST* (*New surface treatments*), jeho příprava je znázorněna na obr 2.1.4, kde povlak NST je naválcováván na povlak na bázi zinku.



Obr. 2.1.4: Plech s povlakem NST [4]

## 2.2 Charakteristika hlubokého tažení

Proces hlubokého tažení z hlediska stavu napjatosti a deformací patří mezi nejnáročnější operace plošného tváření. O průběhu deformace při hlubokém tažení rozhodují kromě technologických podmínek i další faktory jako materiál a jeho vlastnosti a tření tvářeného materiálu s povrchem tažného nástroje. [2]

Tažení obecně je technologická operace tváření plechu za studena, kdy z rovinných přístřihů vzniknou prostorové součástky nerozvinutelných tvarů. Výhodou těchto součástí je kvalitní povrch zhotoveného dílu, vysoká přesnost předepsaných rozměrů a poměrně vysoká tuhost při minimální váze součásti. Vzhledem k tomu, že tváření plechu probíhá většinou bez předchozího ohřevu, je kvalita povrchu finálního výrobku prakticky stejná jako kvalita povrchu výchozího materiálu. Důsledkem tváření za studena je i zvýšení meze kluzu a meze pevnosti v závislosti na



stupni přetvoření. [2]

Zvláštní oblastí zpracování tenkých plechů je tažení výlisků nepravidelných tvarů v automobilovém průmyslu. Problematika tažení je značně odlišná od jednoduché válcové nádoby. Na obr. 2.2.1 je příklad tažení karosářského výlisku.



Obr. 2.2.1: Příklad karosářského výlisku rámu automobilu [2]

Technologicky nejnáročnější výroba dílů je u rámců dveří, které tvoří bok auta. Jde o velké výlisky s hlubokými tahy, složitými tvary a s velkými povrchovými plochami v zadní partii. Na obr. 2.2.2 je lisovací stanice ve ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav.



Obr. 2.2.2: Lisovací stanice obsluhovaná roboty [1]

Tažení rovinného přístříhu plechu na tvarově a prostorově složitý výtah probíhá v konkrétním nástroji, na konkrétním lise a při určených technologických podmínkách. Kromě vlivu taženého materiálu na úspěšný výsledek operace je nezbytné brát v úvahu také vliv konkrétních podmínek tažení. [2]

### **2.2.1 Vliv technologických parametrů na proces hlubokého tažení**

- Vliv přidržovacího tlaku
- Vliv rychlosti tažení
- Vliv mazání

Více informací o vlivech technologických parametrů na proces tažení k nalezení v literatuře [2].

### **2.2.2 Vliv tření na proces hlubokého tažení**

Během procesu tažení dochází ke styku dvou povrchů a vzniku některého z typů tření.

V počáteční fázi tažení při tvarování dna výtažku, kdy je síla na tažníku malá, má tření materiálu v nástroji malý vliv na průběh deformace. Postupně se zvyšováním síly tažení se projevuje stále větší vliv tření a ztěžuje proces přetvoření, kdy může dojít i za jistých podmínek k místnímu porušení výtažku. [2]

Obecně můžeme konstatovat, že tření ovlivňuje průběh deformace během tažení. Je jedním z nejdůležitějších parametrů, který má vliv na maximální přetvoření při hlubokém tažení zejména tím, že ovlivňuje velikost mezní tažné síly. Tření tak zároveň ovlivňuje i kvalitu konečného výlisku. [2]

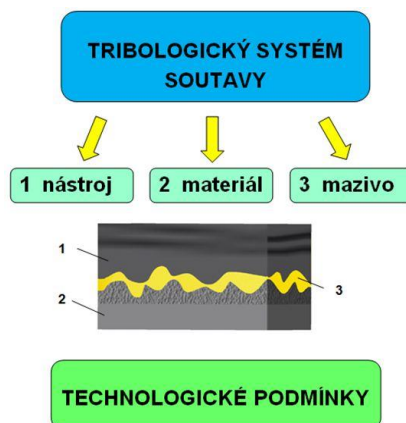
Výskyt tření souvisí se vzájemným relativním pohybem dvou povrchů, proto při tažení výlisků dochází k tomuto jevu v oblastech:

- mezi přidržovačem a plechem
- mezi tažnicí a plechem
- mezi tažníkem a plechem [2]

Při konstantních konstrukčně - technologických parametrech nástroje a podmínkách procesu tažení je velikost tažné síly ovlivněna *tribologickými podmínkami*. [2]

### 2.2.3 Charakteristika tribologie

Tribologie se zabývá chováním dotýkajících se povrchů, materiál – nástroj, ve vzájemném pohybu anebo při pokusu o vzájemný pohyb. Tribologie řeší problematiku nejen tření, ale i mazání a opotřebení těchto povrchů. Schéma tribologického systému je znázorněno na obr. 2.2.3.



Obr. 2.2.3: Schéma tribologického systému [2]

Více o oboru tribologie možné naleznout v literatuře [1, 2].

#### 2.2.3.3 Procesy mazání

Maziva se používají zejména při tažení náročných výlisků. Důvodem použití je zabránění



kovového styku mezi materiálem nástroje a výliskem. Mazivo snižuje součinitel smykového tření a tím také velikost síly potřebné k tažení. Druh a vlastnosti maziva se řídí tvářecím procesem a tvářeným materiálem. Nejčastěji se používají syntetické oleje, tuhá maziva jen při lisování za tepla. [5]

Z hlediska pracovního postupu při výrobě karosérie dochází k **zanechání maziva na výlisku**, který je následně spojován v montážních procesech, např. technologií lepení, ve které mazivo ovlivňuje její technologické podmínky.

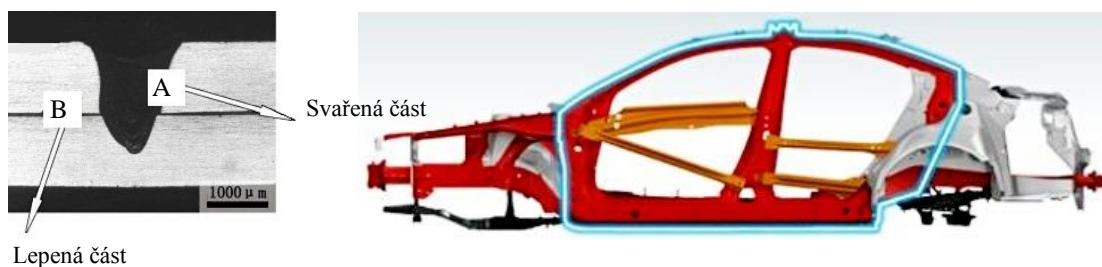
## 2.3 Charakteristika lepení

Lepení není už dávno jen doplňkovou technologií při spojování dílů karosérie, ale stalo se nepostradatelné jako jeden ze základních montážních procesů, vedle svařování, nýtování, klinčování a šroubování. S využitím svých nesporných výhod bylo ve velké míře využíváno u moderních způsobů výroby karoserií, kde se kladou vysoké nároky na technickou a estetickou úroveň, zvyšování pevnosti, tuhosti a bezpečnosti, snižování hmotnosti (emisních spalin a spotřeby paliva), při efektivní a ekonomické výrobě.

V mnoha případech jsou lepené spoje využívány v kombinaci s bodovým svařováním, např. lemy dveří nebo spojování boční stěny s podlahou.

Při vytváření konceptů u prosazujících se lehkých konstrukcí se požadují *nové flexibilní spojovací technologie*.

Pro příklad u nového konceptu karoserie Mazdy Skyactiv se u zpevňující prstencové konstrukce střechy zavedla technologie *lepení – laserové svařování* (obr. 2.3.1 vlevo), i kvůli nemožnosti přístupu bodového svařování k některým zpevněným plochám, takto sestavená struktura karoserie znázorněna na obr. 2.3.1 vpravo zásadně zvyšuje tuhost celé konstrukce. Pro zlepšení tuhosti bylo ke spojení příčných členů zavěšení s karoserií použito rovněž technologie lepení – laserové svařování. [13]

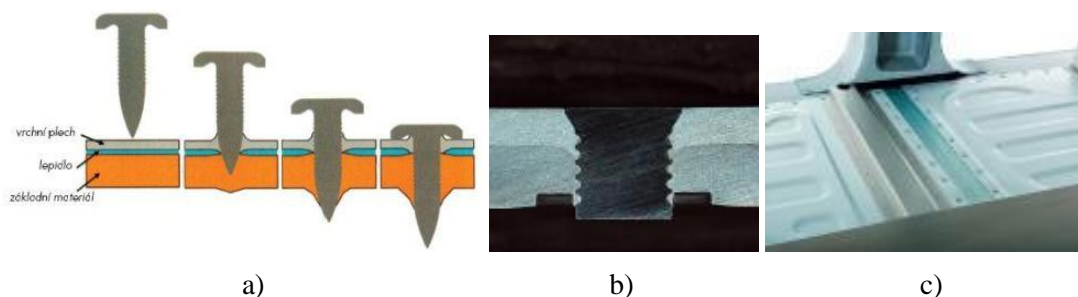


Obr. 2.3.1 vlevo: Struktura kombinovaného spoje [14]

Obr.2.3.1 vpravo: Zpevněná prstencová konstrukce Mazdy Skyactiv [13]

Do budoucna se jeví jako zajímavá technologie *kombinované spojování lepení s*

vysokorychlostním nastřelením svorníků - nýtů. Tato technologie nazývaná *Rivtac* (obr. 2.3.2) je vhodná u spojování vysokopevnostních dílů, dílů přístupných jen z jedné strany nebo u dílů bez možnosti předděrování a u spojování rozdílných materiálů. Spojovaný díl se podobá hřebíku, který se vysokou rychlostí zarazí do spojovaných dílů, kde současně probíhá proces lepení. Při něm nedochází k vytlačení lepidla a jeho tloušťka je rovnoměrná. Možné případy použití metody Rivtac jsou u stavby lehkých karoserií budoucnosti ScaLight, např. při spojování podlahy automobilu z ocelového plechu tloušťek 0,8 a 1,5 mm s ocelovým rámem z profilů o tloušťce 2 mm. Spojení je provedeno na třiceti místech v kombinaci s lepením. [3]



Obr. 2.3.2: a) průběh spojování Rivtac slepením b) detail spoje c) příklad použití [7, 13]

### 2.3.1 Základy technologie lepení

Lepení kovů je technologický postup spojování dvou stejných nebo různých kovových materiálů prostřednictvím lepidla, jako látky pro vznik pevných a trvalých nerozebíratelných spojů dvou kovových adherendů.

Soudržnost (*koheze*) lepidla, přilnavost (*adheze*) lepidla a spojovaného materiálu jsou dva nejdůležitější faktory kvalitního spoje. [2]

**Koheze (Soudržnost):** Někde popisovaná jako vnitřní adheze, je soudržnost látky (lepidla), ve které drží částice pohromadě působením valenčních a mezimolekulárních sil. Charakterizuje stav látky. Míru soudržnosti lepidla udává tzv. kohezní energie, kterou je možno vyjádřit jako potřebnou energii na odtržení jedné částice od ostatních.

**Adheze (Přilnavost):** Je schopnost dvou povrchů vzájemně se přitahovat adhezními silami a souvisí s molekulovou strukturou lepidla. Toto silové působení je výsledkem fyzikálních sil (Van der Waalsovy síly), mezimolekulárních sil a chemických vazeb. Pokud není lepidlo v těsném kontaktu s lepeným povrchem kvůli relativní drsnosti a čistoty adherendu, jsou tyto síly značně nižší. Proto by se mělo lepidlo dostávat do nerovností povrchu a dobře ho smáčet po celé ploše. Přilnavost je tedy závislá na viskozitě lepidla a na dobré smáčivosti povrchu, která je daná povrchovým napětím lepidla a adherendu. [2, 7]

### 2.3.2 Teorie Lepení

Úvahy teorie lepení se opírají o vztahy molekul a jejich vzájemném působení. Struktury

molekul stojí za celým komplexem adhezních jevů. Při tom se dále uplatňují fyzikální, mezimolekulární síly a chemické vazby. V lepení se uvádějí následující teorie adheze:

- molekulová teorie
- elektrostatická teorie
- mechanická teorie
- difúzní teorie
- chemická teorie

Charakteristiky jednotlivých teorií adheze přístupné v literatuře [7].

### 2.3.2.1 Výhody lepených spojů

Lepení stejně jako ostatní montážní technologie má své výhody a nevýhody. Ty určují konstrukci vhodnou pro lepení a často omezují použití lepidel na určité případy.

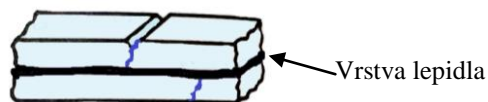
Výhodou lepených spojů je ve srovnání se spoji klasickými je *zvýšení celkové pevnosti vhodně konstruovaného spoje* za teplot do 70°C. Při nýtování a šroubování otvory zmenšují průřez spojovaných dílů a vyvolávají vysokou koncentraci napětí. Pevnostní výhody lepených spojů proti svařování nejsou vždy tak jednoznačné. Kromě konstrukčního uspořádání a druhu zatížení má podstatný význam spojovaný materiál. [7]

V tab. 2.3.1 je porovnání různých montážních technologií ve smykové pevnosti v tahu  $F_{\max}$  [kN] u plechu tloušťky 1 mm:

Tab. 2.3.1: Smyková pevnost pro hlubokotažné DC05 a vysokopevnostní TRIP oceli [15]

Jakost ocel. plechu	DC05 [kN]	TRIP800 [kN]
Spojovací technologie		
Klinčování	2,5	3
Bodové svařování	6	10
Laserové svařování	7,5	12
Klinčování - lepení	12	20
Nýtování - lepení	12,5	20
Bodové svařování - lepení	9,5	21,5
<b>Lepení</b>	<b>13</b>	<b>33</b>

Jedna z výhod lepených spojů je *vysoká bezpečnost lepené konstrukce při poruše*. Zvýšení bezpečnosti při poruše spočívá v tom, že vrstva lepidla izoluje účinek vrubu. Porucha se šíří z vrubu jen k vrstvě lepidla. Její další vývoj pokračuje z jiného místa, takže druhá část materiálu není prvotním vrubem ovlivněna jež je znázorněná na obr. 2.3.3. Proto je vrubová houževnatost lepených dílů lepší oproti obdobné houževnatosti dílů z plného materiálu. [7]



Obr. 2.3.3: Omezení účinku vrubu lepidlem [7]

*Úspora hmotnosti* přichází se snížením tloušťky plechu v důsledku využití spojů s vyšší stykovou plochou. [7]

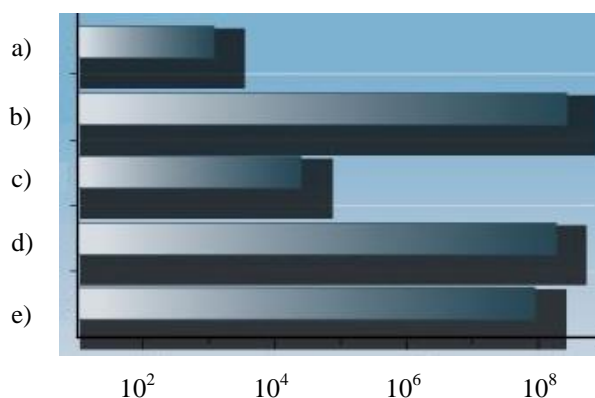
Lepený spoj *zvyšuje* vzhledem ke svému *plošnému charakteru tuhost konstrukce* a podstatně *omezuje vibrace*. Stupeň tlumení vibrací je dán druhem použitého lepidla. [7]

Lepením lze *spojovat téměř všechny druhy materiálů*. To platí hlavně pro materiály, které se spolu nedají svařit, nebo které po svaření mají nevyhovující pevnost, které lze jen špatně nýtovat či šroubovat. [7]

U malých součástí je použití tradičních způsobů spojování vyloučeno tím, že nýty, šrouby nebo svary nelze donekonečna zmenšovat úměrně se zmenšujícími se rozměry spojovaných dílů. Zde může být řešení lepení. [7]

Při použití lepidel, která nejsou křehká, lze vyrovnat a *utěsnit poměrně velké nerovnosti*. Lepené spoje není potřeba *dodatečně utěsňovat*. S těsností spojů souvisí i *nebezpečí koroze* u tradičních spojů, která je tak dobře známa u karoserií automobilů. U nýtů a bodových svarů se dostávají korozní činidla do spoje U pájení zvyšuje pravděpodobnost korozního napadení vysoká teplota pájení a zbytky pájecích přísad. [7]

Lepené spoje jsou zárukou dobré únavové pevnosti. Na obr. 2.3.4 je porovnání dynamické únavové pevnosti montážních technologií u TRIP oceli, při počtech cyklů do porušení.



Obr. 2.3.4: Porovnání dynamické únavové pevnosti montážních technologií, a) klinčování, b) klinčování – lepení, c) bodové svařování, d) bodové svařování s lepením e) lepení [15]

Vysoká kvalita vzhledu spojovaných dílů v místě spoje oproti bodovým svarům, hlavám nýtů nebo šroubů. [2]



### 2.3.2.2 Nevýhody lepených spojů

Lepené spoje mají *nízkou odolnost proti namáhání v odlupování a při zvýšených teplotách*. Nutná je úprava ploch před vlastním lepením, důležitá je rovinnost a čistota povrchu lepených spojů. *Spoj nelze okamžitě zatěžovat*, ale až po určité době po úplném vytvrzení. [2]

### 2.3.2 Lepidla

Lepidlo je látka, která je schopná držet při sobě povrchy pevných předmětů adhezivními a kohezními silami a utvářet pevné spojení. Složitá směs lepidla je složena z několika složek. [8]

#### 2.3.2.1 Hlavní složky lepidla

Adhezivním základem je nazývána složka nesoucí kohezní a adhezní vlastnosti lepidla. Rozdělení složek lepidla:

- Adhezivní základ
- Nosné médium
- Katalyzátory a tvrdidla
- Urychlovače, inhibitory, retardéry
- Modifikátory

Podrobnější informace jsou uvedeny v literatuře [7, 8, 9].

#### 2.3.2.2 Rozdělení lepidel

Kritérií pro rozdělení lepidel může být mnoho: jak podle druhu vazby, způsobu vytvrzování (tuhnutí), použití, fyzikálních vlastností, chemického složení lepidla. Rozdělení lepidel podle tuhnutí ve spoji:

- roztoková, tuhnoucí vsáknutím a odpařením obsažené vody,
- disperzní a suspenzní, tuhnoucí vsáknutím a odpařením obsažené vody,
- roztoková, tuhnoucí odtěkáním organických rozpouštědel:
  - kaučuková,
  - na bázi PVC,
- reaktivní, tuhnoucí vlivem zvýšené teploty,
- reaktivní, tuhnoucí vlivem vlhkosti prostředí,
- reaktivní, tuhnoucí kontaktem s kovy,
- reaktivní, tuhnoucí po přidání tvrdidel:
  - epoxidová,
  - polyuretanová,
- tavná,
- stále lepivá, citlivá na tlak.

### 2.3.2.3 Lepidla pro lepení karosérií automobilů

Pro pevnostní či těsnící funkce se v automobilovém průmyslu používají syntetická lepidla, především epoxidové pryskyřice, polyuretany, syntetické kaučuky nebo PVC, v tab. 2.3.2 jsou uvedeny příklady jejich použití s požadovanými vlastnostmi na konkrétní použití.

Tab. 2.3.2 Příklady použití lepidel v karosérii automobilu [2]

Druh lepeného spoje	Příklady	Používaná lepidla	Požadované vlastnosti lepeného spoje
drážkové přírubové lepení	kapota	epoxidové pryskyřice	pevnost, tuhost, chování při nárazu, ochrana před štěrbinovou korozí
výztuhové lepení	dveře, kapota	polyuretany, PVC, syntetické kaučuky	neohebnost torze, nesmí se deformovat vzhledový díl
lepení nosné struktury	sloupky, profily, přírubové švy	epoxidová pryskyřice	pevnost, tuhost, chování při nárazu
těsné lepení	hrdlo nádrže, utěsnění švu	syntetické kaučuky, PVC	těsnost, odolnost vůči korozi
přímé zasklívání	přední, zadní a pevné boční tabule	např. polyuretany	tuhost karoserie, těsnost nepropustnost

### 2.3.2.4 Epoxidové pryskyřice

Protože jsou epoxidové pryskyřice snášlivé s řadou jiných pryskyřic, velmi používaná je skupina epoxidových modifikovaných lepidel, z nichž většina dává vyhovující pevnosti spojů ve značném rozmezí tloušťek vrstvy lepidla. Malá pevnost v odlupování se vhodnou modifikací zvyšuje, stejně tak tepelná odolnost a odolnost proti vlivu prostředí. Hojně se používají pro stavbu konstrukce karoserie v automobilovém průmyslu u spojů kovů provozovaných do teplot kolem 150°C. [7, 9]

Vyrábí se velké množství různých druhů epoxidových pryskyřic. Mohou být dodávána jako dvousložková i jednosložková. Epoxidová lepidla určená pro práci při vyšších teplotách zpravidla vyžadují také vyšší vytvrzovací teploty a jsou křehčí než lepidla určená pro nižší teploty. [7, 9]

K vytvrzení často nepotřebují velký tlak, takže většinou doporučený tlak 0,3MPa slouží jen ke slícování lepených ploch a k jejich zajištění proti posunutí. Při vytvrzování se neuvolňují žádné zplodiny. Lepidla mají malou objemovou smršťivost. Díky polárním skupinám mají epoxidová lepidla dobrou adhezi k různým typům adherendů. [7, 9]

#### 2.3.2.5 Kaučuková lepidla

Oproti lepidlům ze syntetických pryskyřic mají odlišné vlastnosti, např. pružnost spojů, odolnost vůči zředěným chemikáliím a olejům. Také mají vynikající adhezi. Nejvíce se používají roztoková kaučuková lepidla, která se zpracovávají za normální teploty, spojení vznikne částečným vsáknutím a odpařením rozpouštědel. Patří sem lepidla s vulkanizačními přísadami i bez nich. [7, 9]

#### 2.3.2.6 Polyuretany

K přednostem polyuretanových lepidel patří relativně vysoká pevnost v odlupování, která stoupá s tloušťkou filmu, dobrá pružnost a odolnost proti dynamickému namáhání a v neposlední řadě i odolnost vůči vlhkosti, povětrnostním vlivům, olejům, tukům, mnohým chemikáliím. Pevnosti ve smyku s tloušťkou filmu klesá. Tepelná odolnost lepidel je do teplot 170°C. Předností je i nízká hořlavost. Jsou vhodné k modifikacím kaučukových lepidel. Jsou zpracovatelná v širokém rozmezí teplot. Používají se jako dvousložková lepidla, lepidlo-tvrdidlo. Vytvrzování polyuretanových dvousložkových lepidel se reguluje teplotou a urychlovačem. [7, 9]

#### 2.3.2.7 PVC

Kvůli nerozpustnosti v běžných rozpouštědlech se obvykle používá jako adhezivní základ PVC s kopolymerem PVA, nebo se využívají lepidla na bázi chlorovaného PVC, kde se rozpustnost v organických rozpouštědlech zvyšuje s obsahem chlóru. Spoje vzniklé odpařením roztoku chlorovaného PVC mají dobrou mechanickou pevnost, při nízkých teplotách však nejsou dostatečně ohebné, proto se tato lepidla změkčují. Spoje jsou odolné vůči kyselinám, zásadám, olejům a tukům. [7, 9]

### 3.3 Faktory ovlivňující pevnost lepeného spoje

#### 2.3.3.1 Lepený materiál

##### Význam drsnosti povrchu

Obecně známým zdůvodněním *vhodnosti zdrsnění lepené plochy je zvětšení účinného povrchu* a z toho odvozená *vyšší pevnost spoje*.

Do jaké míry pokryje lepidlo mikropovrch adherendu je záležitostí jeho konzistence, čistoty povrchu a *tvaru povrchových nerovností*. Vyskytuje se několik různých typů těchto nerovností, jejichž tvar a velikost jsou dány jednak přirozenou strukturou adherendu (póry), způsobem jeho výroby nebo způsobem dodatečné povrchové úpravy. Je známo, že např. *pískování zrny o*



velikosti 0,1 až 0,2 mm dává dobré pevnosti lepených spojů. Nejvhodnější hloubka zdrsnění bývá uváděna asi 1 až 6  $\mu\text{m}$ . Lepidla vytvrzující za studena jsou zpravidla na tvar nerovnosti povrchu citlivější, než lepidla vytvrzovaná za tlaku a při zvýšené teplotě. [7]

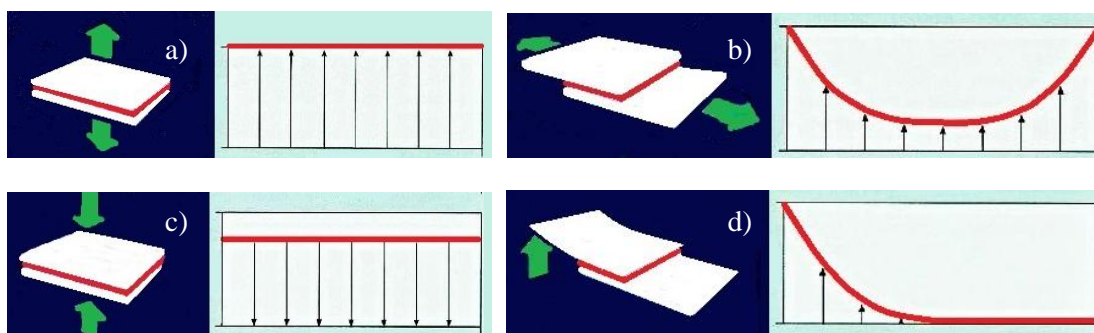
### Smáčivost

Má-li kapalina pevnou látku smáčet, což je jedním z předpokladů adheze, musí být její povrchové napětí menší než povrchové napětí smáčené hmoty. Protože voda má ze všech tekutin největší povrchové napětí, je možné z jejího chování na povrchu adherendu usuzovat, jak bude povrch smáčen lepidly. Adsorbované cizí látky na povrchu, tj. vzduch, prach, tuky, i vlhkost, podstatně mění obraz povrchového napětí materiálu. Smáčivost adherendu naopak příznivě ovlivňují některé dodatečné úpravy povrchu, např. odmaštění, oxidace chemickými a fyzikálními prostředky. [7, 9]

### 2.3.3.2 Technologické podmínky

#### Konstrukce lepených spojů

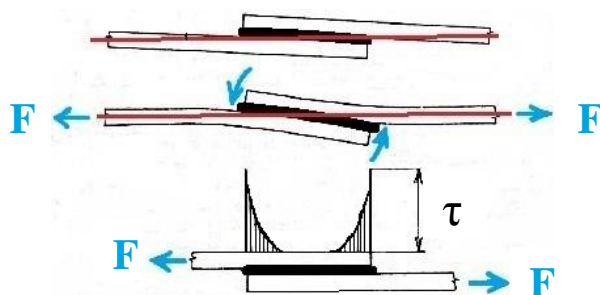
Lepené spoje je třeba namáhat ve směru jejich největších pevností. Přímá tahová a smyková namáhání vydrží lepený spoj dobře, špatně odolává silám způsobujícím odlupování spoje. Na obr. 2.3.4 jsou znázorněny schémata napětí u jednotlivých typů namáhání lepených spojů. Nejlepším způsobem k zabránění odlupování, které obvykle začíná na hranách, je předejít jeho vzniku. Lepší odolnosti proti odlupování se dosáhne lemováním, zkosením nebo zahrocením hrany, zvětšením lepené plochy, pomocí šroubů, nýtů nebo bodových svarů na krajích lepené plochy. [7, 9]



Obr. 2.3.4: Schémata napětí jednotlivých namáhání: a) tah, b) smyk, c) tlak, d) odlup

U jednostranně přeplátovaných spojů se koncentruje *tahové napětí* především *na obou koncích přeplátování*, kde způsobuje také *namáhání odlupem* znázorněné na obr 2.3.5. Se zvyšujícím se zatížením spoje se na obou koncích přeplátování zvyšuje napětí až do kritické hodnoty, kdy se spoj začne od konců přeplátování směrem do středu porušovat.





Obr. 2.3.5: Deformace jednostranně překlátovaného spoje [7, 8, 9]

Z mnoha možných uspořádání smykově zatěžovaných lepených spojů se nejvíce používá jednoduché překlátování. Proto byla přijata **pevnost ve smyku na jednoduše překlátovaných vzorcích jako pevnostní charakteristika lepeného spoje**. Rozdělení napětí v lepeném spoji je podstatně ovlivněno geometrií spoje, vlastnostmi a zejména pak deformačními vlastnostmi adherendu a lepidla. [7, 9]

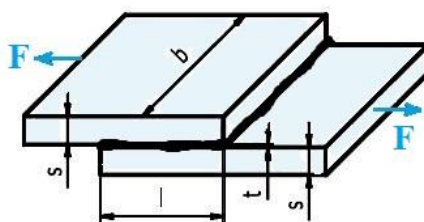
### Výpočet pevnosti lepených spojů

V případě překlátovaného lepeného spoje zatíženého tahem silou  $F$  (obr. 2.3.6), kontrolujeme smykové napětí  $\tau$  v lepené ploše za použití vzorce 1:

$$\tau = \frac{F}{l * b} \leq \tau_D = \frac{\tau_L}{k} \quad (1)$$

Obvykle požadujeme stejnou únosnost spoje jako spojovaného materiálu. Pro výpočet délky překlátování se používá vzorec 2:

$$s * b * \sigma_{Dt} = l * b * \tau_D \Rightarrow l = s \frac{\sigma_{Dt}}{\tau_D} \quad (2)$$



Obr. 2.3.6: Výpočet lepeného spoje

Kde:

$k$  ..... bezpečnost lepeného spoje

$\tau$  ..... smykové napětí ve spoji [MPa]

$\tau_L$  ..... smyková pevnost lepidla udávaná výrobcí lepidel [MPa]

$\tau_D$  ..... dovolená pevnost lepidla ve smyku [MPa]

$\tau_{Dt}$  ..... dovolené smykové napětí v lepené ploše [MPa]



$\sigma_{DT}$  ..... dovolené tahové napětí plech. dílce [MPa]

$R_e$  ..... mez pevnosti v kluzu plech. dílce [MPa]

$F$  ..... zatěžující síla [N]

$S$  ..... plocha lepeného spoje [mm<sup>2</sup>]

$s$  ..... tloušťka plech. dílce [mm]

$l$  ..... délka přeplátování [mm]

$b$  ..... šířka lepeného spoje [mm]. [11]

### Předběžné úpravy povrchů

Povrchová úprava adherendu před lepením je jednou z rozhodujících operací při lepení. Je-li povrch adherendu znečištěn mazivy, měl by se chemicky očistit, ale protože potřeby produktivity výroby jsou zvláště v automobilovém průmyslu velmi vysoké, není z toho důvodu výhodné před aplikací lepidla nebo svařováním při stavbě karosérie plech zvlášť odmašťovat a ani v *praxi se tak nečiní*. Okruh použitelných lepidel se tedy zužuje na lepidla, která jsou vůči mazivům málo citlivá a zajišťují dostatečnou adhezi i pevnost spoje navzdory určité tloušťce povrchové vrstvy maziva. [2, 9]

## 2.4 Zkoušky pro hodnocení lepených spojů

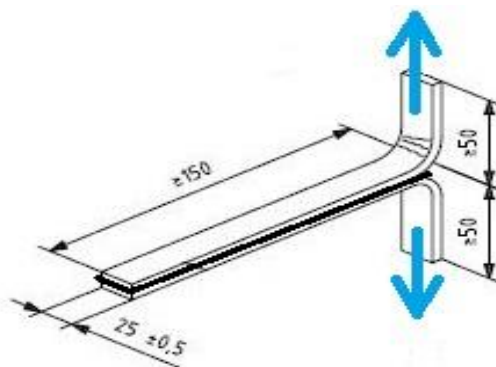
Zkoušky lepených spojů se provádějí pro *zjištění kvality lepených spojů*, pro zjištění vlastností lepidel ve vztahu k použitým substrátům, respektive mazivům. Ověřuje se jejich vhodnost pro danou konstrukci a napomáhá samotnému výběru lepidla. [7, 8]

### 2.4.1 Rozdělení zkoušek

Zkoušky lepených spojů slouží ke zjištění mechanických hodnot a vlastností pro různé druhy namáhání. Z výsledků je možné určit vhodnost lepidla pro určitou aplikaci. Zkoušky rozdělujeme na destruktivní a nedestruktivní zkoušení. Destruktivní zkoušky dále na statické a dynamické zkoušení. Statické zkoušky se rozdělují na *pevnost v odlupu*, pevnost ve smyku a zkoušku lámavosti. Dynamické zkoušky se dělí na rázovou pevnost a zkoušku na únavu lepených spojů. V nedestruktivním zkoušení se používají zkoušky prozařováním (rentgenové, Beta, Gama paprsky), akustické (zvuk a ultrazvuk), magnetické a elektrické metody. [7, 8]

### Pevnost v odlupování podle ISO 11339

Tato zkouška se provádí, je-li alespoň jeden ze spojovaných materiálů ohebný. Podstatou zkoušky je namáhání zkušebního spoje odlupováním *statickým tahem ve směru kolmém na lepenou plochu (obr. 2.4.1)*. Pevností v odlupování se rozumí síla v N/mm šířky vzorku potřebná k oddělení dvou slepených ploch. [7, 10]



Obr. 2.4.1: Rozměry vzorku pro pevnost v odlupu podle ISO 11 339 [10]

Střední pevnost v odlupu  $F_{sab}$  je udávána síla  $F_s$  působící na šířku vzorku  $b$ , která je nezbytná na oddělení dvou slepených ploch. Střední pevnost v odlupu se získá ze vztahu:

$$F_{sab} = \frac{F_s}{b} \quad (3)$$

Kde:

$F_{sab}$  .....střední pevnost v odlupu [N/mm]

$F_s$  ..... střední síla v odlupu [N]

$b$  ..... šířka lepeného spoje [mm],

Z hlediska kvalitativního ukazatele se vypočítává průměrná hodnota pevnosti v odlupu  $\bar{F}_{sab}$  z  $n$  naměřených hodnot:

$$\bar{F}_{sab} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{sabi} \quad (4)$$

Kde:

$\bar{F}_{sab}$  ..... průměrná hodnota pevnosti v odlupu z  $n$  vzorků [N/mm]

$F_{sab}$  ..... pevnost v odlupu jednotlivých vzorků [N/mm]

$n$  ..... počet vzorků [-]

Ze statistického hlediska se udává také směrodatná odchylka, která dává informaci, jak moc se liší hodnoty naměřené od vypočítané průměrné hodnoty.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_{sabi} - \bar{F}_{sab})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Kde:

$s$  ..... směrodatná odchylka [N/mm]

$\bar{F}_{sab}$  ..... průměrná hodnota pevnosti v odlupu z  $n$  vzorků [N/mm]

$F_{sab}$  ..... pevnost v odlupu jednotlivých vzorků [N/mm]

$n$  ..... počet vzorků [-] [2, 7]

#### 2.4.2 Hodnocení typu porušeného lepeného spoje u zkušebních těles

Libovolný systém lepidlo - adherend můžeme charakterizovat nejen pevností adhezivního spojení, ale i *charakteristikou jeho porušení*. Vyhodnocuje se typ porušení dle normy ČSN ISO 10365 a uvádí se procentuální podíl jednotlivých typů porušení. Na obr. 2.4.2 jsou znázorněné základní typy porušení lepeného spoje:

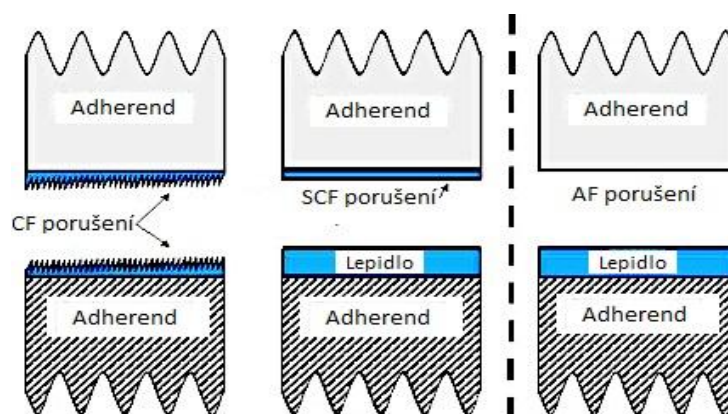
a) **CF** - kohezní lom – trhlina probíhá v hmotě lepidla,

Informuje nás o slabších místech, případně o vzniku a průběhu koncentrací napětí,

b) **SCF** - kohezní lom na hranici substrátu – trhlina probíhá částečně mezi lepidlem a adherendem a částečně v lepidle (nebo adherendu), je stejně informativní jako kohezní lom,

c) **AF** - adhezní charakter lomu - lepidlo se úplně odděluje od adherendu,

Chyba vznikla v povrchové úpravě adherendu nebo při nanášení či výběru lepidla, které způsobily vznik slabé vazebné vrstvy. [8]



Obr. 2.4.2 Typy porušení lepených spojů a) CF b) SCF c) AF

V každém případě však adhezivní část lomu ukazuje na chyby v technologii, kohezivní část na pevnost lepidla, respektive na skryté chyby. [8]

Situace ve spoji je však složitější než to vyplývá z uvedené charakteristiky. Lepicí vrstva má na okraji přechodové vrstvy, které jsou určitým způsobem orientované a ve kterých je část ovlivněná difúzí s povrchem adherendu. Tuto vrstvu označujeme jako vazebnou. Pokud trhlina probíhá v této vrstvě, lom je potřebné považovat za adhezivní. [8]



### 3. Experimentální část

#### 3.1 Cíl experimentu

Cílem bakalářské práce bylo posoudit vliv nově vyvíjeného povrchu adherendu s povlakem NST na kvalitu lepených spojů tenkých plechů. Experiment byl navržen pro zjištění pevnosti lepených spojů pro dvě sady vzorků. První sada vzorků byla připravena dle metody přípravného cyklu před reálným lisováním plechů, kdy před vlastním tažením probíhá proces praní a odmašťování. Vzorky byly tedy očištěny a odmaštěny z původního maziva a následně opatřeny mazivem novým. Druhá sada vzorků pak byla připravena s povlakem NST v původním stavu dodávaným od výrobce plechu a pouze opatřena mazivem v požadovaném množství k účelu lepení.

Pro posouzení kvality lepených spojů byla provedena zkouška v odlupu ČSN ISO 11 339 při nastavení dvou teplotních podmínek zkoušky (teplota RT a +80°C).

#### 3.2 Příprava vzorků

##### 3.2.1 Adherendy použité na vzorky

V experimentu byl použit ocelový elektrolyticky pozinkovaný plech s povlakem na bázi (obr. 3.2.1) mastných kyselin o tloušťce 0,8mm s mechanickými hodnotami uvedenými v tabulce 3.2.1.

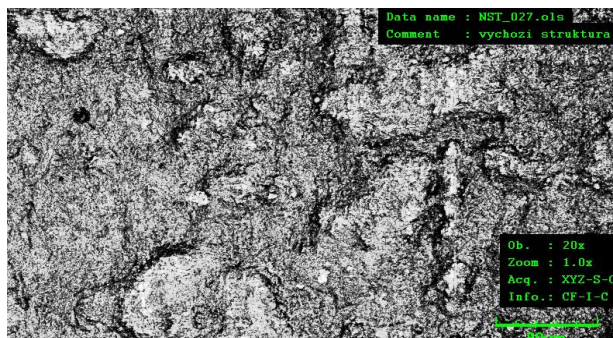
Označení NST znamená New Surface Treatments, je to povlak, který je na bázi mastných kyselin rozpuštěných na elektrolyticky pozinkovaném plechu. Tento typ povlaku by měl zlepšit tribologické podmínky vzniklé během procesu hlubokého tažení, snížit tření a nahradit funkci maziv, případně fosfátování.

Povlak NST nesmí zhoršit užité vlastnosti dílů tj. pevnost lepených spojů jednotlivých dílů karosérie, což je ověřováno v experimentální části.

Vzorky pro experimentální část byly připraveny dle popisované normy ČSN ISO 11 339.

Tab. 3.2.1: Mechanické vlastnosti plechu NST

Mechanické vlastnosti plechu NST	
Smluvní mez kluzu $R_{p02}$ [MPa]	219
Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	352
Tažnost $A_{80mm}$ [%]	34



Obr. 3.2.1 Snímek struktury povrchu NST pořízené elektronovým mikroskopem, 20x [12]

### 3.2.2 Nastříhání a ohýbání vzorků

Testovaný plech byl nastříhán na vzorky s rozměry 200 mm x 25 mm dle normy ISO 11 339 uvedené v kapitole 2.4.1 na tabulových nůžkách (obrázek 3.2.2, a) s použitým pevným dorazem pro zajištění konstantních rozměrů.

Vzorky byly následně ohýbány na CNC ohraňovacím lisu APHS 2104 x 60 (obrázek 3.2.2, b) pod úhlem 90° ve vzdálenosti 50 mm od okraje vzorků dle výše uvedené normy.



Obr. 3.2.2 a) ohraňovací lis, b) tabulové nůžky

### 3.2.3 Odmaštění, očištění vzorků

Jedna sada zkušebních vzorků byla odmaštěna přípravkem D-Sol 100, na odmaštění byl použit odmašťovací stůl (obr. 3.2.3) v laboratořích katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci. Druhá sada testovaných vzorků zůstala neodmaštěná, s původním povlakem NST.





Obr. 3.2.3: Odmašťovací stůl

### Čistící přípravek: D-Sol 100

Přípravek slouží k odmaštění a čistění materiálů za studena, např. ocele, hliníku, zinku a dalších materiálů. Přípravek má velmi dobrou čistící schopnost vůči většině olejů, tukům a vazelinám. Nepoškozuje povrch čistěného materiálu a nezpůsobuje jeho korozi. Jeho bod vzplanutí je 58°C, za běžných podmínek je kapalný. Tento přípravek je hořlavý a výbušný. Další specifikace jsou uvedeny v příloze v materiálovém listu č. 1.

### 3.2.4 Označení vzorků

Pro snadnou rozpoznatelnost vzorků byly označeny číslem z důvodu pro rozlišení lepidel a dále pro rozlišení odmašťování.

### 3.2.5 Nanesení maziva

Na obě plochy vzorku bylo bavlněnou tkaninou rovnoměrně nanášeno mazivo *ANTICORIT PL 3802-39 S* ve vrstvě 3g/m<sup>2</sup>. Tloušťka vrstvy lepidla byla na každém vzorku na pěti místech kontrolována měřicím aparátem fy Fuchs pro kontrolu množství naneseného maziva. Tolerance naneseného množství maziva byla stanovena  $\pm 0,2$  g/m<sup>2</sup>. Po nanesení maziva byla provedena kondicionace vzorků tj. vzorky ponechány jednu hodinu ve vodorovné poloze pro zajištění rovnoměrného rozložení filmu maziva na povrchu adherendu.

### Mazivo - ANTICORIT PL 3802-39 S

Olej typu prelube je nanášený naválcováním nebo např. elektrostatickým nástřikem. Jde o ochranný antikorozi olej i tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách i jako tvářecí látka nanášená bezprostředně před tvářením. Je vhodný pro zušlechťené i běžné ocelové plechy. Snadno se odstraňuje i po tepelném zatížení, je slučitelný se všemi běžnými lepícími systémy při výrobě automobilů, je snášlivý s katalytickými laky a laky s nízkým obsahem rozpouštědel a pigmentů. Další specifické vlastnosti jsou uvedené v příloze v materiálovém listu č. 2.

### **Zařízení pro kontrolu maziva**

Zařízení bylo na katedru strojírenské technologie zapůjčeno z fy Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav.

Jedná se o ruční přenosné zařízení k jednoduchému zjišťování tloušťky vrstvy oleje na kovovém povrchu (obrázek 3.2.4). Zařízení je založeno na infračerveně-filtrovací technice a je vyvinuto speciálně pro použití v průmyslovém prostředí. Měřicí aparát umožňuje infračerveným paprskem snímat povrch plechu o rozměrech 10 x 10 mm a zaznamenávat množství maziva naneseného na kontrolované ploše.

Zařízení je schopno měřit vrstvy maziv v rozsahu hodnot 0,2 až 6  $\text{gm}^2$ .



Obr. 3.2.4: Zařízení pro kontrolu maziva

## **3.3 Vlastní lepení**

### **3.3.1 Nanesení lepidla**

Vytlačovací pistolí pouze na jednu část vzorku bylo nanášeno lepidlo v podobě housenky, do které byly vkládány drátky o průměru 0,2mm z důvodu zajištění rovnoměrné tloušťky vrstvy lepidla jako distanční tělíska (obr. 3.3.2). V další fázi přípravy byly obě části vzorku k sobě přitlačeny a zařívány svorkami, aby se obě části vzorku vůči sobě nepohybovaly.

### **Použitá lepidla**

Vybráno bylo pět typů lepidel používaných pro lepení karosářských výlisků při stavbě karoserie v automobilovém průmyslu. Stručná charakteristika je uvedena v následujících odstavcích, materiálové listy jsou přiloženy v přílohách.

#### **1) Betamate 1496F**

Jedná se o jednosložkové teplem vytvrditelné epoxidové lepidlo modré barvy viz obr. 3.3.1. Lepidlo má následující vlastnosti: výbornou přilnavost k ocelovým konstrukcím automobilu, včetně povrchově upravené oceli a hliníku, s dobrou tolerancí vůči znečištění olejem a





mazacími materiály, zvyšuje tuhost karoserie a její stabilitu při nárazu, ochraňuje před korozi, je slučitelné s dalšími mechanickými i tepelnými metodami spojování dílů. Je odolné proti mytí a oděru a je slučitelné s elektrostatickými procesy.

Podrobné informace jsou uvedeny v materiálovém listu viz příloha č. 3.

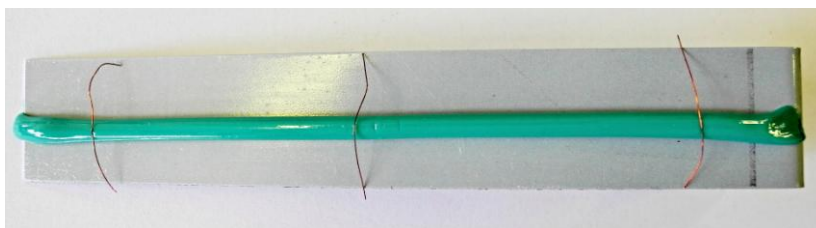


Obr. 3.3.1: Lepidlo Betamate 1496F

## 2) Betamate 1040

Je strukturní epoxidové jednosložkové za studena aplikovatelné teplem vytvrditelné lepidlo viz obr. 3.3.2, speciálně vyvinuté pro lepení automobilových karoserií. Má dobré těsnící vlastnosti a odolnost proti rázům. Vzhledem ke svým schopnostem utěšňovat chrání proti korozi. Lepidlo se používá pro zvýšení tuhosti karoserie.

Podrobné informace jsou uvedeny v materiálovém listu viz příloha č. 4.

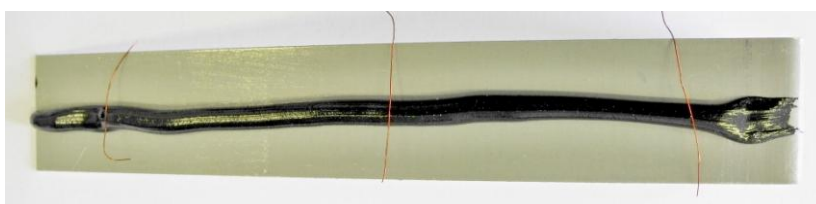


Obr. 3.3.2: Lepidlo Betamate 1040

## 3) Sika Power 492G

Je jednokomponentní epoxido-hybridní lepidlo černé barvy viz obr. 3.3.3. V KTL se vytvrdí do vysoce zatížitelného reaktoplastu. Lepidlo je určeno pro lepení plechů v automobilovém průmyslu pro zesílení konstrukce a zvýšení její tuhosti. Lepidlo má následující vlastnosti: vysokou pevnost, dobrou adhezi ke kovovým materiálům znečištěných oleji, odolné proti vymývání v lakovnách, umožňuje spojování bez posunutí, chrání proti korozi.

Podrobné informace jsou v materiálovém listu viz příloha č. 5.

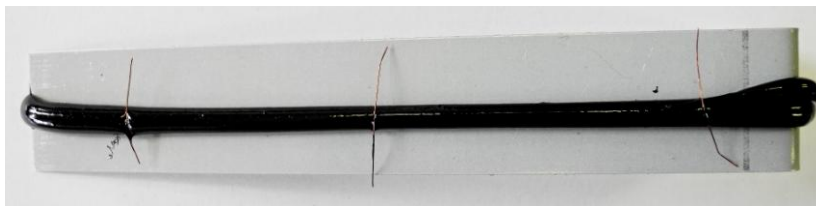


Obr. 3.3.3: Lepidlo Sika Power 492G

#### 4) Betaguard RB214BV

Toto lepidlo je na bázi syntetického kaučuku s dobrými těsníci vlastnostmi a vysokou pevností viz obr. 3.3.4. Je používáno v aplikacích, kdy těsnící schopnost lepidla je kombinována s bodovým svařováním. Má dobrou přilnavost k povrchům opatřených mazivem používaných v automobilovém průmyslu. Po KTL vytvrzení dosahuje toho lepidlo dobré mechanické pevnosti spolu s korozní odolností. Může být použito při teplotách pod 45°C.

Podrobné informace jsou v materiálovém listu viz příloha č. 6.

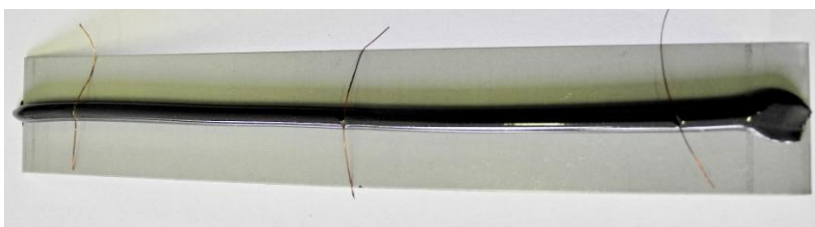


Obr. 3.3.4: Lepidlo Betaguard RB214BV

#### 5) Corabond V

Základní složku šedo-černého lepidla tvoří syntetický kaučuk. Je použitelné jako těsnící lepidlo s vysokou pevností, které lze provařovat bez spálení a bez tvorby zápachu viz obr. 3.3.5. V automobilovém průmyslu se používá pro utěšňování a lepení v kombinaci se svarovými body. Je vhodné pro použití lemů. Vykazuje dobrou snášenlivost v předúpravách, KTL a je odolné proti vyplachování při tloušťce spoje 2 mm.

Podrobné informace jsou v materiálovém listu viz příloha č. 7.



Obr. 3.3.5: Lepidlo Corabond V

### 3.3.2 Vytvrzení lepidla

Podmínky vytvrzení vzorků byly nastaveny dle reálných podmínek v provozu sériové výroby 20 minut při teplotě 180°C a k tomu bylo použito zařízení sušárny „Venticell 222“ (obr. 3.3.6 vlevo). Po vyjmutí vzorků ze sušárny proběhla kondicionace 24 hodin za laboratorních podmínek. Takto vytvrzené vzorky byly připraveny na další fázi testování - na zkoušku v odlupu dle ISO 11 339.

#### Sušárna BMT Venticell 222

Jedná se o zařízení s nucenou cirkulací vzduchu a rozsahem teplot 10 až 250°C.



Obr. 3.3.6: Sušárna Venticell 222



Obr. 3.4.1: Trhací zařízení TIRAtest 2300

### 3.4 Zkoušky vzorků

#### 3.4.1 Hodnocení pevnosti lepeného spoje

Před zkoušením byly všechny vzorky nejprve odsvorkovány a zbaveny přetoků lepidla. Testování pevnosti v odlupu dle normy 11 339 bylo provedeno na trhacím zařízení TIRAtest 2300 (obrázek 3.4.1) s tenzometrickou hlavou s rozsahem 10kN. Podmínka rychlosti trhání vzorku je dle normy stanovena 100mm/min. Doplnkovým zařízením k trhacímu stroji je teplotní komora, v které leze testovat vzorky pro různé teploty (zvýšené případně snížené).

#### Trhací zařízení TIRAtest 2300

Trhací zařízení TIRAtest 2300 je univerzální zařízení pro zjišťování mechanických vlastností technických materiálů v tahu, tlaku a ohybu. Pro změnu rozsahu přístroje je možné vyměnit tenzometrickou hlavu za hlavu s jiným rozsahem. Zařízení je vybaveno softwarem LabNet, který umožňuje vyhodnocení zkoušek a zpracování výsledků do zkouškových protokolů s předem zadanými parametry zkoušky.

#### 3.4.2 Hodnocení porušení lepeného spoje

Nedílnou součástí hodnocení kvality lepených spojů je i hodnocení typu porušení. V rámci experimentu bylo vizuálně posouzeno dle normy ČSN ISO 10 365 typové porušení lepeného spoje viz kapitola 2.4.2, určené hodnoty byly zapsány do zkušebního protokolu. Součet jednotlivých typů porušení z obou částí vzorku musí odpovídat 100%.

## 4. Vyhodnocení a diskuze výsledků

### 4.1 Vyhodnocení a diskuze pevnosti v odlupu

Pro posouzení vlivu *odmaštění* povrchu substrátu s NST povlakem na pevnost lepeného spoje, byly provedeny zkoušky v odlupu dle ISO 11 339 a naměřené výsledky jsou zpracovány v následujících tabulkách a grafech.

Výsledkem experimentálního měření bylo zjištění střední pevnosti v odlupu  $F_{sab}$  [N/mm] a směrodatné odchylky pro střední pevnost v odlupu  $s$  [N/mm].

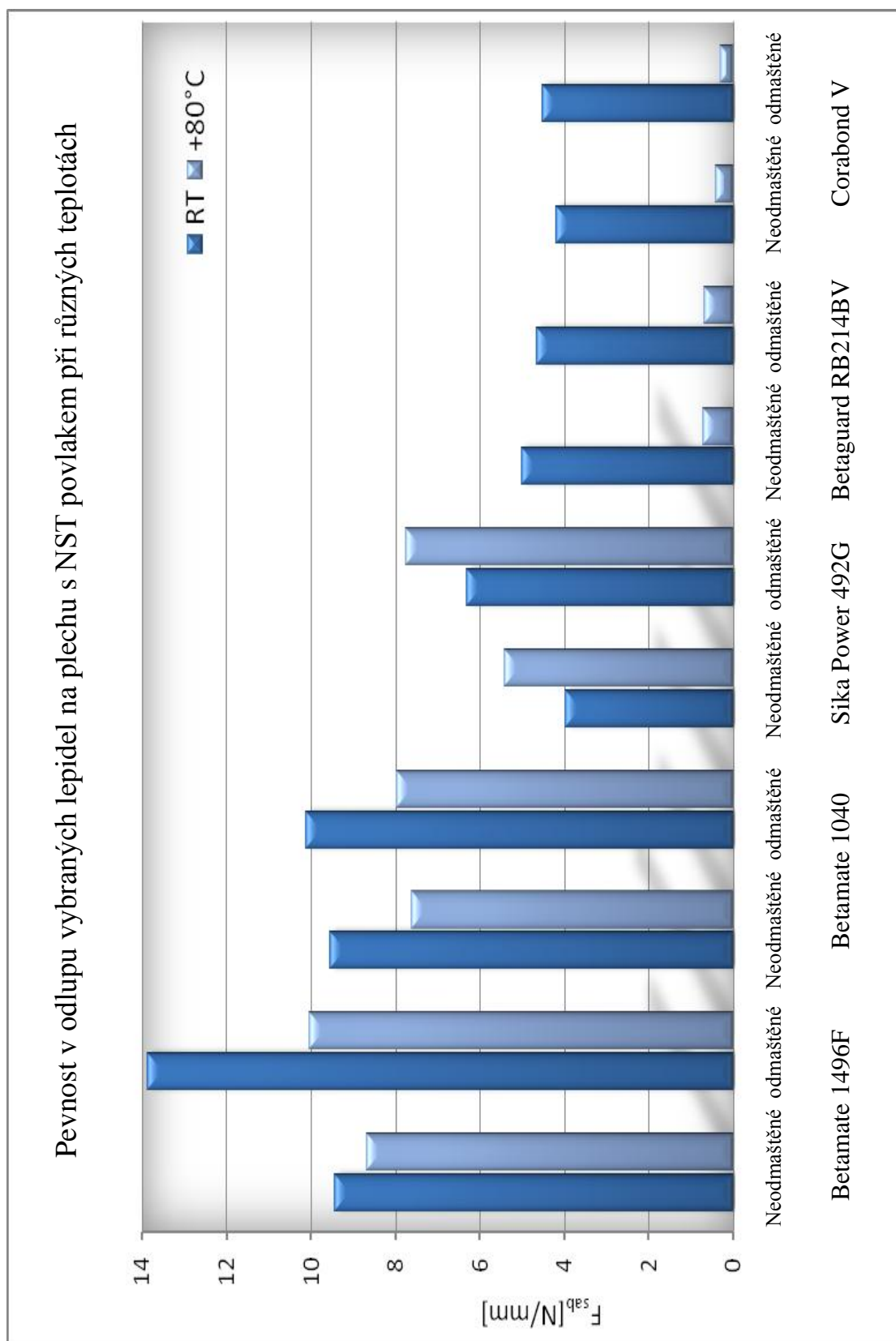
V tabulce 4.1.1 jsou zaznamenány pevnostní hodnoty testovaných vzorků, které byly získány z destruktivní zkoušky v odlupu.

Tab. 4.1.1: Výsledky pevnostní zkoušky v odlupu

NST	Test při RT				Test při +80°C			
	Neodmaštěné		Odmaštěné		Neodmaštěné		Odmaštěné	
	$F_{sab}$ [N/mm]	$s$ [N/mm]	$F_{sab}$ [N/mm]	$s$ [N/mm]	$F_{sab}$ [N/mm]	$s$ [N/mm]	$F_{sab}$ [N/mm]	$s$ [N/mm]
Betamate 1496	9,43	0,29	13,86	0,22	8,69	0,34	10,03	0,54
Betamate 1040	9,55	0,22	10,11	0,21	7,62	0,23	7,96	0,47
Sika Power 492G	3,98	0,62	6,32	0,64	5,41	0,63	7,75	0,49
Betaguard 214RB	5,02	0,15	4,65	0,18	0,71	0,12	0,68	0,12
Corabond V	4,18	0,45	4,53	0,65	0,42	0,24	0,3	0,2

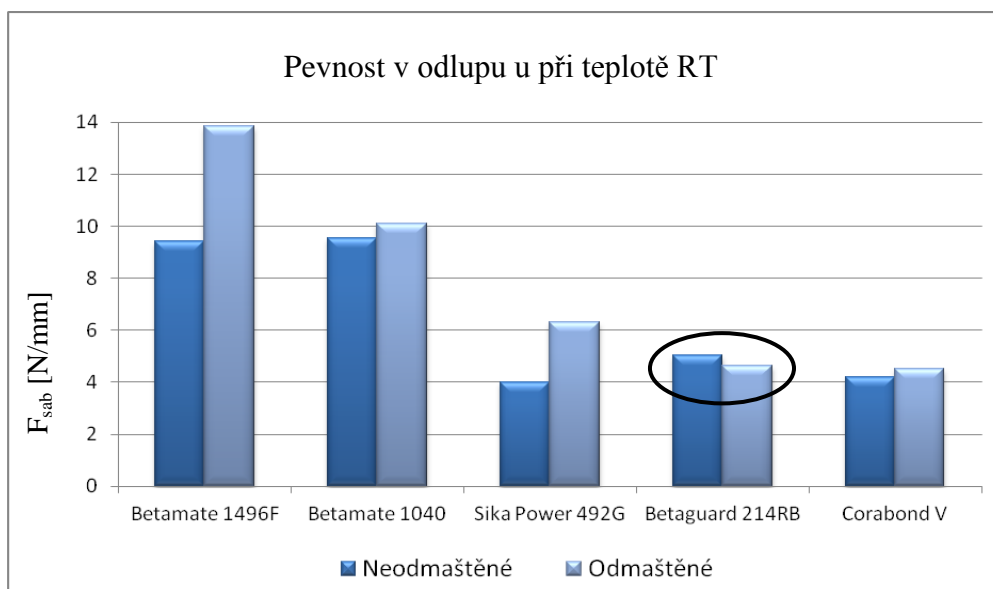
Porovnání naměřených výsledků pevnosti lepených spojů bylo provedeno z hlediska typu lepidel. Byly použity dvě skupiny, kaučuková lepidla a lepidla na bázi epoxidu. Dále byla zohledněna teplota, při které byla provedena vlastní zkouška v odlupu, tj. RT (  $+22 \pm 2$  °C ) a teplota +80 °C .

Na obr. 4.1.1 je uveden celkový přehled výsledků jednotlivých zkoušek, kde se prokázalo, že odmašťování i teplota při zkoušení mají podstatný vliv na výsledky vlastností lepených spojů.



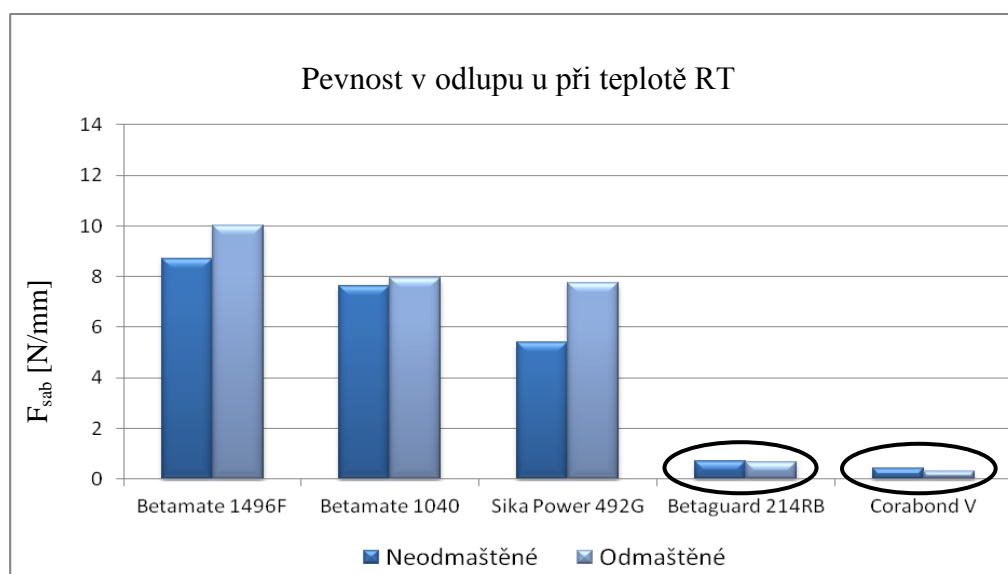
Obr. 4.1.1: Pevnost v odlupu vybraných lepidel na plechu s NST

Na obrázku 4.1.2 je znázorněn graf vyhodnocení výsledků pevnosti lepených spojů pro odmaštěné i neodmaštěné vzorky s povlakem NST testované při teplotě RT. Z grafu je patrná skutečnost, že odmaštění se projevilo na zvýšení užitných vlastností u čtyř z pěti posuzovaných lepidel. U výsledků lepidla Betaguard RB214BV naopak došlo ke snížení hodnot pevnosti (zvýrazněno elipsou).



Obr. 4.1.2: pevnost v odlupu vzorků při RT teplotě

Na obrázku 4.1.3 je znázorněn graf vyhodnocení výsledků pevnosti lepených spojů pro odmaštěné i neodmaštěné vzorky testované s povlakem NST při zvýšené teplotě testování +80°C. Z grafu je patrná skutečnost, že odmaštění se projevilo na zvýšení užitných vlastností u tří z pěti posuzovaných lepidel, naopak u kaučukových lepidel Betaguard RB214BV a Corabond V došlo ke snížení pevnosti odmaštěním (zvýrazněno elipsou).

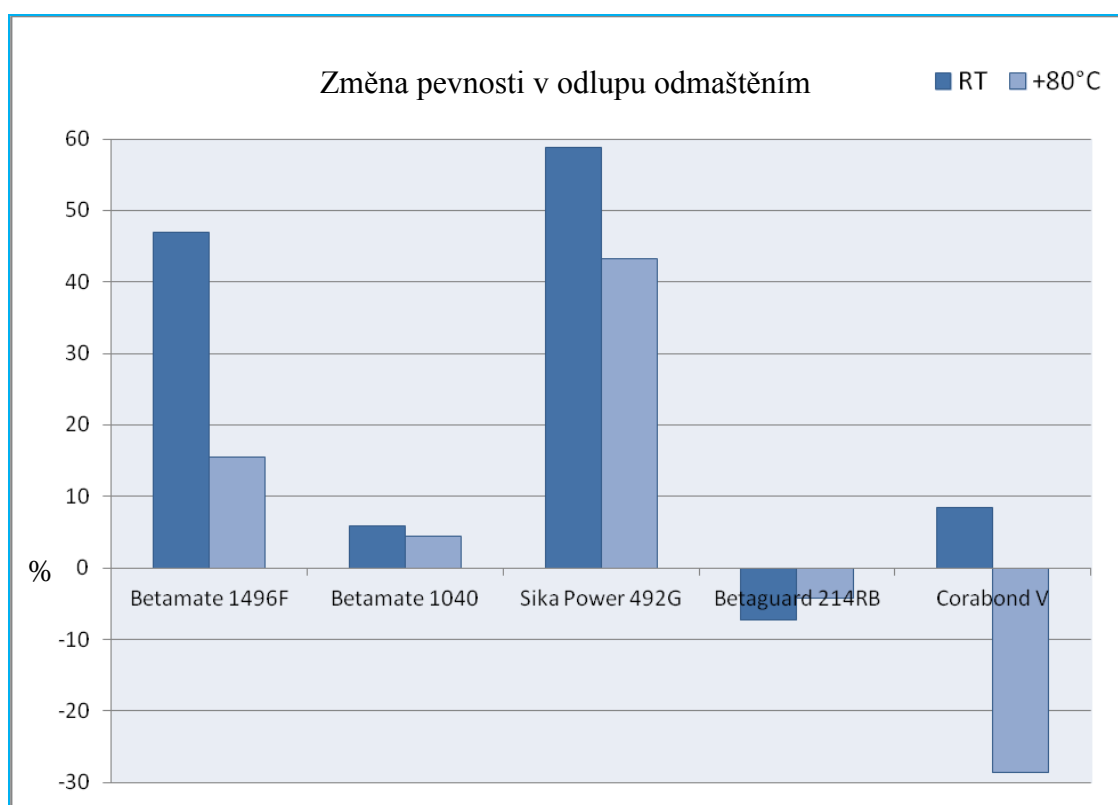


Obr. 4.1.3: pevnost v odlupu vzorků při teplotě +80°C

Na obrázku 4.1.4 je znázorněna procentuální změna pevnosti v odlupu odmaštěním vzorků oproti pevnosti na neodmaštěných zkušebních vzorcích pro jednotlivá lepidla a obě testované teploty. Z grafu je patrné, že odmaštění má největší vliv na lepidlo Sika Power 492G, kde při testování za teploty RT se zvýší pevnost v odlupu odmaštěním vzorků o 58% oproti pevnosti neodmaštěných vzorků, při testování pro teplotu +80°C se odmaštěním zvýší pevnost o 43%. Dále se projevil vliv odmaštění na lepidlo Betamate 1496F, kde odmaštění zvyšuje pevnost o 46% při RT a při +80°C o 14%. Nejmenší vliv odmaštění se prokázal na pevnost v odlupu u lepidla Betamate 1040, kde odmaštěním se zvýší pevnost o 5% při RT a o 3% při +80°C.

Naopak opačný účinek a to snížení pevnosti vlivem odmaštění se projevil u lepidla Betaguard RB214BV o 8% při RT a o 3% při 80°C.

U lepidla Corabond V se odmaštěním při RT zvýšila pevnost o 9% a odmaštěním při +80°C se snížila pevnost o 28%.



Obr. 4.1.4: Procentuální snížení pevnosti v odlupu neodmaštěním

## 4.2 Vyhodnocení a diskuze typů porušení

Pro komplexní posouzení kvality lepeného spoje slouží kromě vyhodnocení pevnostních vlastností na strojním zařízení i subjektivní vizuální hodnocení porušení lepeného spoje.

Zkušební vzorky by měly být porušeny kohezním typem lomu, případně kohezním lomem na hranici substrátu, lepený spoj s adhezivním porušením je nežádoucí.



Tabulka 4.2.1 obsahuje vyhodnocení typu porušení lepených vzorků při teplotě *RT* (obr. 4.2.2, 1-5).

Byly hodnoceny typy porušení dle ČSN ISO 10 365.

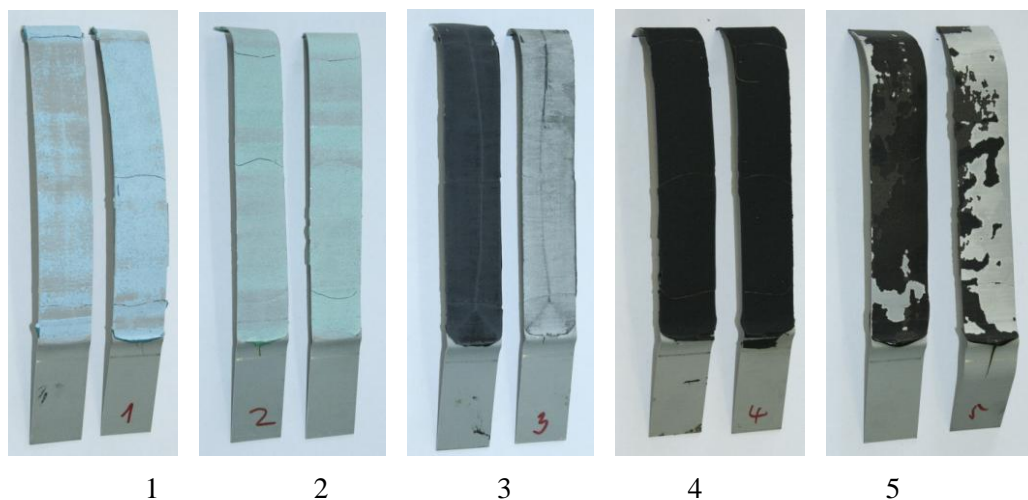
CF ..... kohezní porušení [%]

SCF ..... speciálně kohezní porušení [%]

AF ..... adhezní porušení [%]

Tab. 4.2.1: Hodnocení typu porušení při teplotě RT

NST	Test při RT					
	Neodmaštěné			Odmaštěné		
	CF [%]	SCF [%]	AF [%]	CF [%]	SCF [%]	AF [%]
<b>Betamate 1496F</b>	<b>10</b>	<b>90</b>		<b>80</b>	<b>20</b>	
<b>Betamate 1040</b>	<b>100</b>			<b>100</b>		
<b>Sika Power 492G</b>		<b>100</b>		<b>90</b>	<b>10</b>	
<b>Betaguard RB214BV</b>	<b>100</b>			<b>100</b>		
<b>Corabond V</b>	<b>50</b>		<b>50</b>	<b>30</b>		<b>70</b>



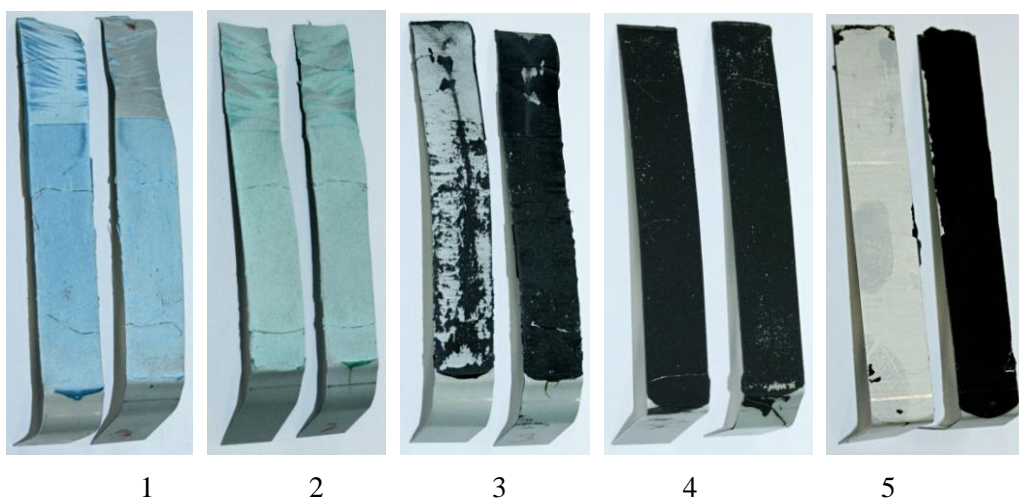
Obr. 4.2.2: Porušené spoje odmaštěných zkušebních vzorků 1) lepidlo Betamate 1496F, 2) lepidlo Betamate 1040, 3) lepidlo Sika Power 492G, 4) lepidlo Betaguard RB214BV, 5) lepidlo Corabond V

Tabulka 4.2.2 obsahuje vyhodnocení typu porušení při teplotě  $+80^{\circ}\text{C}$  (obr. 4.2.3, 1-5).



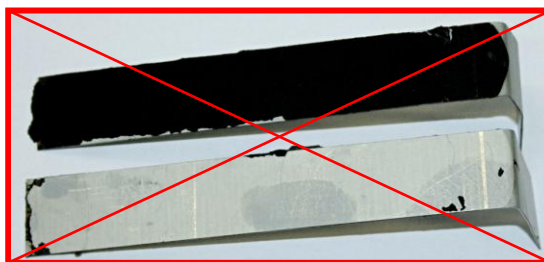
Tab. 4.2.2: Hodnocení typu porušení při teplotě +80°C

NST	Test při +80°C					
	Neodmaštěné			Odmaštěné		
	CF [%]	SCF [%]	AF [%]	CF [%]	SCF [%]	AF [%]
Betamate 1496F	90	10		100		
Betamate 1040	100			100		
Sika Power 492G	10	90		70	30	
Betaguard RB214BV	100			100		
Corabond V	50		50			100



Obr. 4.2.3: Porušené spoje odmaštěných zkušebních vzorků 1) lepidlo Betamate 1496F, 2) lepidlo Betamate 1040, 3) lepidlo Sika Power 492G, 4) lepidlo Betaguard RB214BV, 5) lepidlo Corabond V

Ze zkušebních vzorků testovaných na trhačím stroji je patrné, že lepené spoje vytvářené lepidly Betamate 1496F a 1040, Sika Power 492G a Betaguard RB214BV mají na všech zkušebních vzorcích kohezní typ porušení CF, nebo SCF. Naopak u lepidla Corabond V byly prokázány výsledky u všech zkušebních vzorků minimálně 50% adhezivního porušení lepeného spoje (obr. 4.2.4). Za podmínek výše uvedeného pracovního postupu nelze použít kombinaci substrátu s povrchovou úpravou NST s lepidlem Corabond V v procesu lepení, neboť není zajištěna dostatečná kvalita spoje.



Obr. 4.2.4: Porušený spoj AF u lepidla Corabond V

## 5. Závěr

Předkládaná bakalářská práce na téma *Aplikace plechů s povrchovou úpravou NST při stavbě karosérie* vznikla ve spolupráci s předním výrobcem automobilů v ČR ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav. Na základě požadavků z průmyslu bylo cílem bakalářské práce porovnat užité vlastnosti lepených spojů používaných ke spojování dílčích výlisků při stavbě karosérie automobilu. Před spojováním plechů lepením předchází v technologickém procesu výroby karosářských výlisků technologie tažení. Tažení karosářských výlisků je jednou z nejtěžších operací v tažení. Pro zlepšení tribologických vlastností při zpracování tenkých plechů jsou měněny různé podmínky procesu lisování. Hodnocení tribologických vlastností probíhá v soustavě nástroj – materiál – mazivo. Výrobci plechů a maziv tak vyvíjejí nové produkty, které slibují lepší lisovatelnost. Cílem bakalářské práce bylo posoudit vliv nově vyvíjeného povrchu adherendu s povlakem NST na kvalitu lepených spojů tenkých plechů.

Teoretická část práce obsahuje rozdělení plechů používaných pro výrobu karosářských výlisků a jejich charakteristiku, význam tribologie v oblasti tažení s ohledem na použité substráty. Dále je zde popsána technologie lepení, její stoupající význam při výrobě karosérie, výhody a nevýhody lepení, rozdělení lepidel.

V experimentální části práce vlastní měření probíhalo v laboratoři Katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci. Pro experiment byly připraveny dvě sady vzorků. První sada vzorků byla připravena dle pracovního postupu z průmyslové praxe tzn., že vzorek s povlakem NST byl před zpracováním očištěn odmaštěn a následně namazán konkrétním typem maziva, obdobně jako v prací lince. V druhé sadě vzorků byly připraveny adherendy s povlakem NST, který byl ponechán v původním stavu tak, jak jej dodává výrobce plechu Arcelor Mittal. Vzorky byly pouze opatřeny mazivem v požadovaném množství.

Pro zjištění kvality lepených spojů byla použita destruktivní zkouška zjištění pevnosti v odlupu dle normy ISO 11339. Následným posouzením funkčních vlastností lepených spojů je subjektivní vizuální hodnocení porušení spoje. V rámci experimentu bylo hodnoceno typové porušení lepeného spoje viz kapitola 2.4.2 dle normy ČSN ISO 10 365.

Všechny získané výsledky jsou uvedeny v kapitole 4 vyhodnocení a diskuze výsledků. Na základě těchto získaných výsledků lze provést závěrečné hodnocení, že vliv odmaštění NST povrchu pozinkovaného plechu na pevnostní vlastnosti, se projevil zvýšením hodnot pevnosti v odlupu u spojů lepených epoxidovými lepidly za obou námi testovaných teplot. Největší procentuální změna pevnosti v odlupu byla u lepidla **Sika Power 492G**, když se odmaštěním zvýšila pevnost v odlupu při teplotě RT o 59% z 3,98 N/mm na 6,32 N/mm a při teplotě +80°C o 43% z 5,41 N/mm na 7,75 N/mm. U lepidla **Betamate 1496F** se pevnost v odlupu při teplotě RT odmaštěním zvýšila o 47% z 9,43 N/mm na 13,86 N/mm a při teplotě +80°C o 15% z 8,69



N/mm na 10,03 N/mm. Z procentuálního pohledu se nejméně zvýšila pevnost v odlupu odmaštěním u lepidla **Betamate 1040** a to o 6% z 9,55 N/mm na 10,11 N/mm při teplotě RT a při teplotě +80°C o 4% ze 7,62 N/mm na 7,96 N/mm.

Odmaštění NST povrchu naopak snížilo pevnostní vlastnosti u spojů vzorků lepených kaučukovým lepidlem **Betaguard RB214BV** z 5,02 N/mm na 4,65 N/mm, snížení pevnosti v odlupu odmaštěním o 7%. U druhého lepidla na bázi kaučuku **Corabond V**, se pevnost v odlupu zvýšila na 4,53 N/mm z 4,18 N/mm, tj 8%. Vzorky lepené kaučukovými lepidly testované při zvýšené teplotě +80°C měly nulové pevnostní hodnoty.

Hybridní epoxidové lepidlo Sika Power 492G projevilo zvláštnost mezi testovanými lepidly, jako jediné projevilo větší pevnost v odlupu při teplotě +80°C oproti teplotě RT u neodmaštěných vzorků se zpevnilo z 3,98 N/mm na 5,41 N/mm a u odmaštěných vzorků z 6,32 N/mm na 7,75 N/mm.

Z výsledků je patrné, že odmaštění NST povrchu pozinkovaného plechu má vliv na pevnost v odlupu a to u každého lepidla rozdílnými hodnotami jak bylo výše v experimentální části prezentováno.

Odmaštění povrchu NST zvyšuje pevnosti u všech testovaných pevnostních epoxidových lepidel, proto není nebezpečí snížení pevnosti spojů nechtěným odmaštěním testovaného substrátu. Testované spoje slepené námi použitými kaučukovými lepidly nejsou možné použít pro konstrukce karoserie, z důvodu nemožného pevnostního využití za zvýšených teplot +80°C při použití testovaného substrátu EG plechu s NST povlakem.

Průchodem prací linkou se z povrchu NST stává běžný povrch elektrolyticky pozinkovaný. Cílem práce bylo zjistit, zda při sledu pracovních operací před tažením, kdy je zařazena prací linka a povrch NST je odstraněn odmaštěním, dojde ke změně pevnostních vlastností lepených spojů.

## **6. Seznam použité literatury:**

- [1] Internetový strojírenský měsíčník, [www.mmspektrum.com/](http://www.mmspektrum.com/), únor 2013
- [2] Výukové materiály oboru tváření plastů a kovů na katedře strojírenské technologie TUL, [www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka).
- [3] ŠIMON P.: Karoserie osobního automobilu (Výukové materiály), ČVUT, 2012
- [4] Prezentace Škoda Auto-Arcelormittal Ostrava, nové povlaky, 2012.
- [5] KOLNEROVÁ M.: Vliv technologických podmínek na vznik zadírání pozinkovaných plechů při tažení (Disertační práce). TU v Liberci, 2005
- [6] Webové publikace, [www.mazda.com](http://www.mazda.com), březen 2013
- [7] PETERKA, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství. 1.vydání SNTL Praha 1980.
- [8] KOVAČIČ, L.: Lepenie kovov a plastov. 1. vydání ALFA Bratislava
- [9] OSTEN M.: Práce s lepidly a tmely, polytechnická knižnice SNTL, 2. edice, 1982
- [10] ČSN ISO 11 339 – Test pevnosti v odlupu.
- [11] KALÁB K.: Výukové materiály VŠB – Technické univerzity Ostrava, Části a mechanismy strojů, únor 2013
- [12] Webové stránky fy Bollhoff, březen 2013
- [13] Webové stránky [www.greencarcongress.com](http://www.greencarcongress.com), květen 2013
- [14] Webové databáze vědeckých článků, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), duben 2013
- [15] Webové publikace firmy Dow, [www.dow.com](http://www.dow.com), květen 2013



## 7. Seznam příloh:

- Příloha č. 1: materiálový list odmašťovacího přípravku D-SOL 100
- Příloha č. 2: materiálový list maziva Anticorit 3802-39 S
- Příloha č. 3: materiálová list lepidla Sika Power 492G
- Příloha č. 4: materiálová list lepidla Betamate 1496F
- Příloha č. 5: materiálová list lepidla Betamate 1040
- Příloha č. 6: materiálová list lepidla Betaguard RB214BV
- Příloha č. 7: materiálová list lepidla Corabond V
- Příloha č. 8: zkouškové protokoly pevnosti v odlupu při RT neodmaštěných vzorků
- Příloha č. 9: zkouškové protokoly pevnosti v odlupu při RT odmaštěných vzorků
- Příloha č. 10: zkouškové protokoly pevnosti v odlupu při +80°C neodmaštěných vzorků
- Příloha č. 11: zkouškové protokoly pevnosti v odlupu při +80°C odmaštěných vzorků



Příloha č. 1



## D-sol 100

<b>Popis:</b>	kapalina D-sol 100 je směsí syntetických isoparafinických uhlovodíků bez obsahu halogenů	
<b>Použití:</b>	k bezoplachovému odmašťování a čištění dílů za studena v ultrazvukových vanách, postřikových, máčecích nebo ručních strojích, jako náhrada lakových benzínů, tri- a perchlorethanu, ideální pro opravy, údržby, průmyslové pivozy, lakovny, galvanovny, elektrotechniku	
<b>Vlastnosti:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ vynikající čistící schopnost</li><li>▪ účinnost na většinu olejů, tuků, vazelín a vosků</li><li>▪ vyhovující odpařivost</li><li>▪ bez zápachu</li><li>▪ nepoškozuje čištěný povrch</li><li>▪ nezpůsobuje korozi materiálů</li><li>▪ ideální pro ocel, hliník, zinek, měď, titan</li><li>▪ vysoká sytnost</li><li>▪ zasychá bez map</li><li>▪ nízký obsah aromatů (do 0,002 % hm)</li><li>▪ dermatologicky bez problémů</li><li>▪ minimální zatížení ovzduší</li><li>▪ použitelný s PEHD, PA66, ABS, PET, PVC, PTFE, PVF, PVDF, NBR</li><li>▪ nepoužitelný s POLYSTYREN, SBR, EPDM</li></ul>	
<b>Parametry:</b>	bod vzplanutí	56 °C
	hustota při 15°C	762 kg/m <sup>3</sup>
	viskozita při 25°C	1,23 mm <sup>2</sup> /s
	třída hořlavosti	III.
<b>Balení:</b>	50 l, 160 l, 200 l	
<b>Likvidace:</b>	společnost QTS CZ s.r.o. garantuje na území ČR zpětný odběr použité náplně k ekologické likvidaci	

QTS CZ s.r.o.	Tel./fax: +420 495 532 763
Kydlinovská 245	GSM: +420 602 412 577
503 01 Hradec Králové	+420 603 588 499
www.qts.cz	+420 777 212 577
qts@qts.cz	

## **Produkt- I N F O R M A C E**



### **ANTICORIT PL 3802-39 S**

PI 3-4211

#### **Popis**

ANTICORIT PL 3802-39 S je olej typu Prelube, to znamená ochranný antikorozi olej i tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách.

ANTICORIT PL 3802-39 S se vyznačuje následujícími speciálními vlastnostmi:

- bezpečná antikorozi ochrana i za extrémních klimatických podmínek
- optimální tvářecí výkon i pro obtížné tahy
- vhodnost pro zušlechťené plechy (Z, ZE, ZNE, ZF, fosfátované i nefosfátované), jakož i pro normální ocelové plechy
- snadná odstranitelnost i po stárnutí a tepelném zatížení
- kompatibilita se všemi běžnými lepicími systémy při výrobě automobilů
- vysoká snášlivost s katalytickými laky a laky s nízkým obsahem rozpouštědel a pigmentů
- nezatěžuje pracovní prostředí díky základovému oleji bez obsahu těžkých kovů a halogenů a s nízkým obsahem aromátů.

ANTICORIT PL 3802-39 S se používá převážně jako konzervační olej v ocelárnách, může však být nanesen i jako tvářecí látka bezprostředně před tvářením.

#### **Použití**

Nanášení lze provádět všemi způsoby nástřiku (přednostně elektrostaticky) ale také navlčováním.

Doporučená pracovní teplota pro nástřik a filtraci je 40 - 65 °C.

Jako u všech tixotropních látek může dojít po delší době skladování k lehkému usazování látek, zajišťujících tixotropní účinky.

ANTICORIT PL 3802-39 S je skladovatelný v uzavřeném originálním balení při teplotě 5 - 40 °C minimálně 5 let.

#### **Charakteristika**

<b>Vlastnosti</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Údaje</b>	<b>Zkouška dle</b>
Číslo barvy	-	3,5	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	915	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	80	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	196	DIN ISO 2592
Obsah vody	% hmotnosti	< 0,2	DIN 51 777-2
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromátů v základovém oleji	% hmotnosti	< 7	Zkušební metoda VN č. 1 TML 1 *)

#### **Antikorozi vlastnosti (St 1405)**



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní



**Příloha č. 3**





Product Data Sheet  
Version 02 / 2009

## SikaPower®-492G

Semi crash resistant hem flange adhesive

### Technical Product Data

Chemical base	Epoxy hybrid
Color (CQP 001)	black
Hazard designation	Xi, N
Non-volatile compounds (CQP 576)	> 99 %
Density before / after curing (CQP 576)	1.30 / 1.35 kg/l approx.
Application temperature	50 - 60°C (nozzle)
Viscosity, 50°C, oscillation 5Hz, P/P 25 mm, 1 mm gap (CQP 584-1)	1000 Pa·s approx.
Curing time / substrate temperature	20 min / 175°C
Lap shear strength <sup>2</sup> , at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	20 MPa approx.
Lap shear strength <sup>2</sup> , -30°C / +80°C, at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	22 / 15 MPa approx.
Lap shear strength <sup>2</sup> , 20' 160°C / 40' 200°C, at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	19 / 18 MPa approx.
Lap shear strength <sup>2</sup> , 1.5 mm metal sheet, at 0.3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	30 MPa approx.
Dynamic resistance to cleavage <sup>4</sup> (CQP 580-3,-6 / ISO 11343)	30 N/mm approx.
T-Peel strength <sup>2</sup> (CQP 580-2,-6 / ISO 11339)	9 N/mm approx.
Tensile strength <sup>2</sup> (CQP 580-5,-6 / ISO 527)	30 MPa approx.
Elongation at break <sup>2</sup> (CQP 580-5,-6 / ISO 527)	8% approx.
Glass transition temperature, DMTA (CQP 509 / DIN EN ISO 6721, EN 61006)	105°C approx.
Shelf life, at 23°C (CQP 584-1)	8 months

<sup>1</sup> CQP = Corporate Quality Procedures

<sup>2</sup> DC 04 ZE 75/75 0.8 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticoril PL 3802-39 S; adhesive layer: 25 x 10 x 0.3 mm; rate of extension: 10 mm/min.

<sup>3</sup> H320 ZE 50/50 1.5 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticoril PL 3802-39 S; adhesive layer: 25 x 10 x 0.3 mm; rate of extension: 10 mm/min.

<sup>4</sup> DC 04 ZE 75/75 0.8 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticoril PL 3802-39 S; adhesive layer: 20 x 30 x 0.3 mm; impact speed: 2.0 m/s.

<sup>5</sup> DC 04 ZE 75/75 0.8 mm; 2 g/m<sup>2</sup> Anticoril PL 3802-39 S; adhesive layer 25 x 100 x 0.3 mm; rate of extension: 100 mm/min.

<sup>6</sup> Rate of extension: 2 mm/min.

### Description

SikaPower®-492G (LVP) is a one-part, warm-applied, heat-curing high-structural, impact modified adhesive based on epoxy.

SikaPower®-492G (LVP) is designed for sheet metal assembly work in the body shop and is cured with heat, e.g. in the paint oven, to form a high-performance thermoset.

SikaPower®-492G (LVP) is manufactured in accordance with ISO 9001/ 14001 quality assurance system and with the Responsible Care program.

### Product Benefits

- One-part
- High strength
- Adheres well to oily substrates
- Very high resistance to washing out
- Suitable for joining different metals
- Contains fine glass beads
- Distortion-free joining
- Provides protection against corrosion
- No damage to substrates
- Contains no solvents, PVC or isocyanates

### Areas of Application

SikaPower®-492G (LVP) is suitable for high structural bonding of different types of metal. As an adhesive product it is designed for use as a hem flange bonding adhesive. The glass beads contained in the adhesive provide a uniform layer of adhesive in the gap and help to reduce excessive material squeeze out. The bonding of oily substrates (standard anti-corrosion treatment and deep drawing oils, approx. 2 g/m<sup>2</sup>) is possible because of the oil uptake during the heat curing that is an essential part of the process.





#### Method of Application

SikaPower®-492G (LVP) is applied in bead form with a recommended diameter of 1 to 3 mm. SikaPower®-492G (LVP) is filtered with a mesh size of 300 µm before packaging.

Because the viscosity is temperature-dependent (see Fig. 1) all parts of the application system that are in contact with the adhesive must be heated. We recommend phased temperature increase from 40°C at the follower plate to 55°C at the application unit (nozzle). To prolong the life of the packings and facilitate removal of the cut foil disk we strongly recommend a preheating of the new drum for 15 minutes. This will make it easier to remove the foil. During longer breaks (e.g. over night or at the weekend) the equipment must be cooled down to ambient temperature and switched-off and the system (pump and dosage unit) depressurized.

The glass beads contained in the adhesive do not affect the application with standard application systems.

The time between application and curing must be as short as possible, since any uptake of moisture in the interim (climate-dependent) can cause formation of blisters during heat curing. As a guide to process planning, blister formation was not detected after conditioning of uncured parts at 23°C and 80% relative humidity in joined state for two weeks, a drop in dynamic resistance to cleavage was not detected even after four weeks. However, if suitable conditions cannot be guaranteed, pre-curing for 15 minutes at 160°C (substrate temperature) is necessary.

For advice on project-specific application techniques please contact the Corporate System Engineering department (Sika Services AG). For advice on suitable applications (Technical Service) please contact Sika Automotive GmbH.

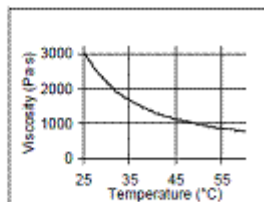


Figure 1: Viscosity as a function of temperature (Equipment: Physical)

#### Cure Mechanism

SikaPower®-492G (LVP) is cured by heat. The cure-rate depends both on temperature and elapsed time. The most suitable heat sources are convection ovens. The maximum temperature must not exceed 220°C.

#### Further Information

Copies of the following publications are available on request:

- Material Safety Data Sheet
- Pump specification

#### Packaging Information

Cartridges	310 ml
Hobbock <sup>1)</sup>	23 l
Hobbock	50 l
Drum	195 l

<sup>1)</sup> 280 mm diameter

#### Value Base

All technical data stated in this Product Data Sheet are based on laboratory tests. Actual measured data may vary due to circumstances beyond our control.

#### Local Restrictions

Please note that as a result of specific local regulations the performance of this product may vary from country to country. Please consult the local Product Data Sheet for the exact description of the application fields.

#### Health and Safety Information

For information and advice on the safe handling, storage and disposal of the chemical products, users shall refer to the most recent Material Safety Data Sheet containing physical, ecological, toxicological and other safety-related data.

#### Legal Notes

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its product. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Further information available at:

[www.sika.ch](http://www.sika.ch)  
[www.sika.com](http://www.sika.com)

Sika Automotive GmbH  
Reichsbahnstraße 99  
D-22525 Hamburg  
Germany  
Tel. +49405400-0  
Fax +49405400-241



SikaPower®-492G (LVP) 2 / 2



## *BETAMATE 1496 F Strukturální lepidlo odolné proti nárazu*

BETAMATE 1496 F je jednosložkové lepidlo na epoxidové bázi speciálně vyvinuté pro karoserie automobilů. Toto lepidlo se užívá pro zvýšení trvanlivosti, odolnosti proti nárazu a tuhosti karoserie.

Lepidlo má následující vlastnosti:

- Výbornou přilnavost k ocelovým konstrukcím automobilu, včetně povrchově upravené oceli a hliníku s dobrou tolerancí vůči znečištění oleji a mazacími materiály
- Zvyšuje tuhost karoserie a stabilitu celé karoserie při nárazu
- Vysokou vlastní stálost a vysokou stálost lepeného spoje
- Ochraňuje kov a sváry před korozí
- Je slučitelné s dalšími mechanickými i tepelnými metodami spojování dílů
- Je odolné proti mytí a oděru a je slučitelné s elektrostatickými procesy
- Je ho možno předvytvdit
- Otevřený čas je až u nevytvrzeného spoje až 6 týdnů



**Dow Automotive**

Technical Datasheet

# BETAMATE 1040

Crashresistant Structural Adhesive

## Description / Application:

**BETAMATE 1040** is a one component, epoxy based adhesive especially developed for the body shop. The adhesive is used in the car to increase the operation durability, the crash performance and the body stiffness.

### Properties:

- Excellent adhesion to automotive steels, including coated steels and pretreated aluminium with good tolerance to oil and drylubes.
- Helps to increase the stiffness and the crash stability of the entire car body.
- High durability of the adhesive and the adhesive bond.
- Due to its sealing capability the metal and weld points are protected against corrosion.
- Compatible with other mechanical and thermal joining techniques.
- Compatible with the electrocoat process and wash-off resistant.
- Precurable and pregelable.

### Application:

The product is at temperatures about 40 up to 65°C applicable as a bead. It can be applied with the following parameters:

application speed	200 - 300 mm/s
temperatures: follower plate follower plate - doser	35 - 40°C Per heating zone approx. 5°C heat increase. Maximum temperature at doser 55°C.
nozzle	55 - 65°C

For an optimum tack of the adhesive, the parts to bond should be stored at 15°C or higher. In case of an application break longer than 30 minutes the heating of the application equipment should be switched of.

All Dow Automotive products are primarily developed in co-operation with the automobile manufacturers, according to their needs and their specifications; they are approved for the specific applications as defined by the customer.

The use of the product other than approved application have to be released in written form by the Technical Service of Dow Automotive.

## Technical Data:

Basis	epoxy resin
Colour	light blue
Density (DIN 52451) (23°C)	1.23 g/ml
Solid Content	> 99%
Viscosity/Yield Point (45°C, Bohlin, Casson)	140 Pas / 170 Pa





## Příloha č. 5

Flash Point (DIN 51758)	> 150°C
Curing Condition	> 140°C / 30 minutes
Standard Curing	180°C / 30 minutes
Tensile Strength (DIN EN ISO 527-1)	50 MPa
Elongation at Break (DIN EN ISO 527-1)	approx. 6 %
E-Modulus (DIN EN ISO 527-1)	2900 MPa
Lap Shear Strength (DIN EN 1465) (CRS 1403, 1.5 mm)	22 MPa
T-Peel Strength (DIN 53282) (CRS 1403, 0.5 mm)	4.6 N/mm
Impact Peel Strength (ISO 11343) (CRS 1403, 1.0 mm, 23°C, 2m/s)	20 N/mm
Bonding Surface Preparation	The material has been designed to tolerate up to 5 g/m <sup>2</sup> of surface oil.
Application Tool	<b>Cartridges:</b> hand-operated or pneumatic heated gun with mechanical piston. <b>Drums, pails:</b> heated pumping system.
Cleaning	Uncured material can be removed with BETACLEAN 3510. <b>Attention:</b> The contact with bonded areas should be avoided.
Containers	25 kg, 45 kg and 200 kg (re-usable pails with PE-liner). <b>Cartridges:</b> 0,36 kg
Shelf life	Storable at temperatures below 30°C for 3 month.

The given data are standard values.

### Health and Safety

#### - Bulk Exothermic Reaction

The material curing reaction is exothermic. If the material is held in bulk the reaction is accompanied by a rapid build-up of exothermic heat. To avoid the risk of this bulk exothermy, containers of the material should in no circumstances be heated by e.g. hot plates or simple drum heaters. If heating a bulk quantity of the material is considered necessary, advice should be sought.

#### - Caution

The adhesive resins are generally quite harmless to handle provided that certain precautions normally taken when handling chemicals are observed. The uncured materials must not, for instance, be allowed to come into contact with foodstuffs or food utensils, and measures should also be taken to prevent the uncured materials, from coming into contact with skin, since people with particularly sensitive skins may be affected. The wearing of impervious rubber or plastic gloves will normally be necessary; likewise the use of eye protection. The skin should be thoroughly cleaned at the end of each working period by washing with soap and warm water. The use of solvents is to be avoided. Disposable paper - not cloth towels - should be used to dry the skin. Adequate ventilation of the working area is recommended. For further and more detailed precaution measures see the Health and Safety Data Sheet.

### Dow Automotive Quality Management

Quality is our highest priority. Dow Automotive works with a highly modern Quality Management System which meets all international requirements of QS 9000, VDA-6 and ISO 9001.

The above information implies no liability as to the usage of our products. Since the applications, utilisation and processing of our products are beyond our control, the information given is not intended to replace your own trials with the products to establish their suitability for your particular application. Our liability is limited to the value of the products supplied by us and used by you.

The information on this data sheet corresponds to the latest findings and supersedes all previous versions.

**Dow Automotive AG**  
CH-8807 Freienbach  
Tel. +41 (0)55416 81 11  
Fax +41 (0)55416 82 20

**Dow Automotive (Italia) S.r.l**  
I-20010 Bareggio (MI)  
Tel. +39 (0)2 90 36 11 66  
Fax +39 (0)2 90 36 66 98

**Dow Automotive (France) S.A.**  
F-60130 Saint-Just en Chaussée  
Tel. +33 (0) 3 44 77 61 00  
Fax. +33 (0) 3 44 77 61 61

**Dow Automotive (Deutschland) GmbH**  
D-35683 Dillenburg  
Tel. +49 (0)2771 8 71 40  
Fax +49 (0)2771 87 14 70

**Dow Automotive (España) S.A.**  
E-28816 Camarma de Esteruelas (Madrid)  
Tel. +34 (9)1 885 61 43  
Fax +34 (9)1 885 75 60

**Dow Automotive (UK) Ltd.**  
GB-Nuneaton-Warwickshire CV10 7QT  
Tel. +44 (0) 24 7635 72 00  
Fax. +44 (0) 24 7635 72 57



## Technisches Datenblatt

# BETAGUARD RB 214 BV

Abdichtungsklebstoff und Bördelnahverkleber  
mit hoher Festigkeit / Impact Beständigkeit für Applikation im Rohbau

### Anwendung / Beschreibung :

BETAGUARD RB 214 BV ist ein kalt-pumpbarer, Kautschuk-basierender, durchschweißbarer Abdichtungsklebstoff mit hoher Festigkeit.  
Er findet dort Einsatz, wo Abdichtungsoperationen oder Verklebungen kombiniert mit Schweißpunkten im Bereich Rohbau gefragt sind. Das Material kann auch als Bördelnahverkleber verarbeitet werden.  
Betaguard RB 214 BV kann mit Induktion ( 20 Sekunden bei 180°C) vorgehärtet werden.

Haftung auf öligem Metallsubstraten im Einsatz in der Automobil-Industrie, Durchschweißbarkeit ohne Verbrennung oder starke Geruchsbildung, gute Verträglichkeit zu Vorbehandlungs- und KTL-Bädern sowie gute Auswaschbeständigkeit für Fügedicke unter 2 mm sind gegeben.  
Nach Aushärtung im KTL-Ofen weist BETAGUARD RB 214 BV gute Festigkeitswerte und hohe Impact Beständigkeit auf und zeigt ein gutes Korrosionsverhalten.

### Technische Daten :

Basis	Synthetisches Kautschuk	
Farbe	Grau - schwarz	
Dichte	1.40 ± 0.05 g. / cm <sup>3</sup>	
Trockengehalt (3 Stunde / 105°C)	> 99.0 %	
Auslaufzeit (D55 1069) (Severs, Düse 5 mm Durchmesser, 3 bars)	60 ± 20 g. / Min. bei 35°C.	
Volumenausdehnung	5 - 10 %	
Wäscher- und KTL-Verträglichkeit	gut	
Einbrennbedingungen	minimum maximum	25 Minuten / 155°C oder standard Lacklinienofen 30 Minuten / 205°C oder standard Lacklinienofen
Abrutschverhalten (D55 1107) (Rundplatte 22,5 mm. Durchmesser; 12 mm. Höhe)	< 2 mm. bei 35°C. < 4 mm. nach zusätzlicher Einbrennung	



Příloha č. 6

<b>Zugsecherfestigkeit (DIN 53 283)</b> <b>Klebefüge 20 x 25 mm; 25 mm. / min.</b>	approx. 2,5 N. / mm <sup>2</sup> mit Füge 2 mm. dick approx. 3 – 5 N. / mm <sup>2</sup> mit Füge 0,2 mm. dick
<b>Impact Beständigkeit (ISO 11 343)</b> <b>(Schichtdicke 0.2 mm.)</b>	> 10 N. / mm. mit Energie 100 – 300 J. / m je nach Einbrennbedingungen
<b>Korrosionsbeständigkeit</b>	gut (ohne Unterwanderung) nach 9 Zyklen 3C (nach Testmethode D59 1335) auf Rohstahl und Feuerverzinktem Stahl
<b>Temperaturbeständigkeit</b>	max. 30 Minuten 220°C
<b>Lagerfähigkeit</b>	3 Monate nach Auslieferung bei 5 - 35°C

**Verarbeitung :**

<b>Vorbereitung der Klebefläche</b>	keine (Kleben auf öligem Blech mit max. 3.5 g. Öl / m <sup>2</sup> )
<b>Applikation</b>	kalt pumpbar mit handelsübliche Kolben-, Zahnrad- oder Rotationspumpen für hobbooks und Fässer. Bei Kolbenpumpen muss ein Verhältnis von minimum 50:1 vorhanden sein.
<b>Auftragstemperatur</b>	Minimum 30°C. Maximum 45°C Bei 40 – 45°C wirkt eine deutliche Verbesserung der sofortigen Haftung dank schnellerer Ölaufnahme.
<b>Lieferform</b>	Kartuschen mit 300 ml Inhalt Hobbooks mit 22 Liter Inhalt Fässer mit 200 Liter Inhalt

**Revocoat Qualitätsmanagement:**

Qualität ist unser oberstes Gebot. Revocoat arbeitet mit einem modernen Qualitätsmanagement-System, das die internationalen Anforderungen nach ISO/TS 16949:2002 erfüllt.  
Umwelt : alle Standorte von Revocoat sind nach ISO 14001:1996 zertifiziert.

Alle vorstehenden Angaben, technischen Daten und Empfehlungen beruhen auf Prüfungen, die nach unserem Ermessen zuverlässig sind. Dennoch kann die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben, Daten und Empfehlungen nicht garantiert werden, da der Verwender vor Gebrauch des Produktes dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck selbst prüfen sollte.

Revocoat übernimmt keine Haftung aus diesem Dokument, und sämtliche Garantien ausdrücklicher oder stillschweigender Art, einschliesslich der stillschweigenden Gewährleistung für Verkaufsfähigkeit und Eignung für einen bestimmten Zweck werden hiermit ausgeschlossen. Weder Verkäufer noch Hersteller sind, aus welchem Rechtsgrund auch immer, für direkten, zufälligen oder kausal bedingten Schaden aus der Verwendung oder der Unfähigkeit der Verwendung des Produktes haftbar.  
Revocoat's einzige Verpflichtung ist der Ersatz von schadhaften Produkten.

Revocoat S.A.S  
Zone Industrielle Nord  
Route d'Amiens  
F - 60130 Saint Just en Chaussée  
Tel. +33 (0) 3 44 77 61 00  
Fax. +33 (0) 3 44 77 61 61

Revocoat Iberica S.L.  
C/ Camino del Corral, 7  
Polígono Industrial Alcamar  
E - 28816 Camarma de Esteruelas (Madrid)  
Tel. +34 (9) 1886 61 43  
Fax. +34 (9) 1886 75 60



Revocoat



Příloha č. 7



Přepracováno dne : 19-11-2003  
Datum tisku : 16-12-2004

**BEZPEČNOSTNÍ LIST**  
podle směrnice 2001/58/es

**1. IDENTIFIKACE PŘÍPRAVKU VÝROBCE A DOVOZCE**

1.1. Obchodní název přípravku :

- Obchodní název přípravku : CORABOND V
- Číslo výrobku : A-J620132-6A1

1.2. Doporučený účel použití :

- Konstrukční lepidlo

1.3. Identifikace výrobce:

PPG Ibérica S.A.  
Ctra. Gracia Manresa, Km. 19.2  
08191 Rubi (Barcelona)  
Spain

- Podávání informací : SERVICIO SEGURIDAD E HIGIENE
- Tel : +34 98 34 10 200
- Fax : +34 98 34 10 240

1.4. Nouzová telefonní čísla :

- Nouzové telefonní číslo společnosti : +34 98 341 0200
- Nouzové telefonní číslo :  
Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2.  
Telefon (24 hodin/den):  
02/24 91 92 93, 02/24 91 54 02, 02/24 91 45 75

**2. INFORMACE O SLOŽENÍ PŘÍPRAVKU**

Chemická charakteristika výrobku : Syntetický kaučuk

Látky, které představují nebezpečí pro zdraví nebo životní prostředí podle definice nařízení o nebezpečných látkách 67/54B/EC a dodatků.

Podrobnosti o nebezpečích při přípravě najdete v části 3.

Chemický název látky Hmot. % v Výrobek	Symbol nebezpečí / R(*)-věty čisté látky	CAS-číslo	EINECS/ELINCS
DI(BENZOTHAZOL-2-YL) DISULPHIDE 0.5 - < 1 %	Xi N R43,R50/53,R31	120-78-5	204-424-9
1,3-DIPHENYLGUANIDINE 1 - < 2 %	Xn N R62,R22,R36/37/38,R51/53	102-06-7	203-002-1
CALCIUM OXYDE 2 - < 3 %	C R34	1305-78-8	215-138-9
SULPHUR 7 - < 10 %	Xi F R36/37/38,R11	7704-34-9	231-722-6

(\*) Kompletní nešifrovaný text R-věty viz oddíl 16.

„ I „





### 3. ÚDAJE O NEBEZPEČNOSTI PŘÍPRAVKU

- Škodlivý pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

### 4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

Obecné pokyny :

Při vzniku symptomů nebo v nejistých případech vyhledat lékařskou pomoc. Musí být připraveny informace Záznamu o zabezpečení. Při bezvědomí nic nepodávat ústy.

Při nadýchání :

Přívod čerstvého vzduchu, postiženého uvést do klidové polohy a udržovat v teple. Přinebo zástavě dechu zahájit umělé dýchání. Nic nepodávat ústy. Při bezvědomí uložit do stabilizační polohy na boku a přivolat lékařskou pomoc.

Při zasažení očí :

Oční víčka držet otevřená a minimálně 15 minut vyplachovat dostatečným množstvím čisté, tekoucí vody ; vyhledat lékařskou pomoc.

Při styku s kůží :

Znečištěný nebo potřísněný oděv okamžitě svléknout. Smáčenou kůži řádně umýt vodou a mýdlem nebo použít vhodný čistící prostředek. Nepoužívat rozpouštědla nebo ředidla!

Při požití :

Při polknutí okamžitě tuto skutečnost konzultovat s lékařem. Postižený musí být udržován v klidu. Nevyměňovat zvracení.

### 5. OPATŘENÍ PRO HASEBENÍ ZÁSAH

Tento produkt není zápalný.

Při požáru ostatních, na požáru se podílejících materiálů, použijte vhodný hasicí prostředek.

Doporučení :

- Při požáru vzniká hustý, černý kouř. Vdechnutí popř. kontakt s nebezpečnými zplodinami hoření a rozkladu může způsobit vážné škody na zdraví. Při likvidování požáru nosit dýchací přístroj.
- Aby bylo zabráněno vzniku tlaku, možnému samovznícení a explozi, které by mohly být způsobeny účinkem nadměrných teplot, je možné k ochlazení uzavřených nádob použít vodní mlžení.
- Prázdné nádoby, které obsahovaly snadno vznětlivé výrobky, nesvařovat, nevystavovat extrémním teplotám nebo ostatním zápalným zdrojům.
- Během likvidace požáru nesmí hasicí prostředky vniknout do kanalizace nebo vodních toků.

### 6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

- Neukládat v blízkosti zápalných zdrojů a prostor dobře větrat. Vdechování výparů zabránit použitím vhodné výbavy k ochraně dýchacích orgánů. Dodržovat ochranné předpisy (viz oddíl 7 a 8).
- Unikající materiál lokalizovat nehořlavým nasávacím prostředkem (např. písek, zemina, křemelina, vermikulit) a k likvidaci podle místních ustanovení (viz oddíl 13) shromažďovat do nádob k tomu určených. Nesmí vniknout do kanalizace nebo vodních toků.
- Vyčistit zejména čistícími prostředky, pokud je to možné, tak nepoužívat žádná rozpouštědla.
- Při znečištění řek, jezer nebo odpadní vody vždy podle místních zákonů informovat kompetentní úřady.

.../...



## 7. POKYNY PRO ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

### 7.1. Pokyny pro zacházení

- Při práci nejíst, nepít, nekouřit. Osobní ochranná výstroj viz oddíl 8. Řídit se zákonnými ochrannými a bezpečnostními předpisy.
- Nádře musí být neprodyšně uzavřené. Otevřené nádoby pečlivě uzavřít a skladovat ve svislé poloze, aby bylo zabráněno jakémukoliv úniku materiálu.
- Zabránit kontaktu s očima nebo kůží. Nevdechovat výpary a rozstříkovanou látku.

Obalový materiál :

- . Doporučeno : Vždy skladovat v nádobách, které odpovídají originálním nádobám.
- . Nevhodné :
  - \* nejsou stanoveny

- Při zacházení a otevírání nádob nesmí být nádoby poškozeny. Nádoby nevyprazdňovat pod tlakem, nepoužívat tlakové nádoby! Znečištěný a smáčený oděv a obuv okamžitě vysvléknout (vyzout) popř. vyčistit.

### 7.2. Pokyny pro skladování

Dodržovat pokyny uvedené na etiketě. Skladovat mezi 0°C a 35°C na suchém, čistém a dobře větraném místě. Chránit před teplem

## 8. KONTROLA EXPOZICE A OCHRANA OSOB

### 8.1 Technická opatření

Vyvarovat se vdechování výparů, rozstříkujících látek a aerosolů. Tohoto může být dosaženo lokálním odsáváním nebo celkovým odvodem vzduchu. Pokud tento způsob není k udržování koncentrace výparů rozpouštědel pod mezními hodnotami ve vzduchu dostačující, musí být nošen vhodný ochranný dýchací přístroj.

### 8.2 kontrolní parametry

- nelze aplikovat

### 8.3 Osobní ochranné prostředky

Ochrana dýchacích orgánů :

Podle druhu vyskytujícího se ohrožení musí být pro aktuální účel používán schválený přístroj k ochraně dýchacích orgánů.

Ochrana rukou:

Při delším nebo opakovaném kontaktu se doporučuje nosit následující druhy ochranných rukavic: Nitrilový kaučuk, Polychloroprenový kaučuk, Latexová pryž.

Na plochy kůže, které se dostávají do kontaktu s výrobkem, nanášet ochranný krém. Dodržovat doporučení výrobce.

Ochrana očí :

K ochraně před stříkáním noste ochranné brýle.

Ochrana těla :

Noste vhodný ochranný oděv. Po kontaktu plochy kůže důkladně umýt.

Pečujte o dobrou hygienu, a udržujte pracovní oděv v čistotě.

... / ...



## 9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

- Skupenství (při 20°C) : Pastovitá, vysoce viskózní materiál
- Bod vzplanutí :  $\geq 100^{\circ}\text{C}$  Metoda : ISO 3679
- Tento produkt nepodporuje spalování Metoda: ISO/TR 9038
- Hustota při 20°C : 1,6 g/cm<sup>3</sup> Metoda : ISO 2811
- Hustota par : > vzduch
- Dolní mez výbušnosti (obj. %) : nelze aplikovat
- Horní explozivní limit (objem %): Nevztahuje se
- Rozpuštnost ve vodě při 20°C : nerozpustné
- Hodnota pH : 7
- Obsah těkavých látek : 0,0 % váhy 0,0 % objemu
- Tenze par ( při 20°C ) : 11 mm Hg

## 10. STABILITA A REAKTIVITA

Při dodržování doporučených předpisů je skladování a manipulace stabilní (viz oddíl 7). Při vysokých teplotách mohou vzniknout nebezpečné zplodiny rozkladu jako např. :

- Kyslíčník uhelnatý
- kyslíčník dusnatý
- kyslíčník siřičitý

## 11. TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

O vlastním přípravku nejsou k dispozici žádná data. Přípravek byl posuzován s použitím konvenční metody podle Směrnice o posuzování nebezpečných přípravků 1999/45/ES, a příslušně klasifikován z hlediska technologické nebezpečnosti. Podrobnosti viz Části 2 a 15.

## 12. EKOLOGICKÉ INFORMACE

Nejsou k dispozici údaje o přípravě.  
Zabránit pronikání do kanalizací, vody a pramenů.

Přípravek byl testován konvenčními metodami podle definice směrnice o nebezpečných látkách 1999/45/EC a dodatků a je klasifikován jako prostředek s ekotoxickými vlastnostmi. Podrobnosti viz část 2 a 15.

## 13. INFORMACE O ZNEŠKODŇOVÁNÍ

Opatření rady 91/689/EEC a následujících dodatků a rozhodnutí se týkají odpadů z produktu.

Kód EWC : 08 04 10

Nebezpečné vlastnosti : nevztahuje se

Zabránit pronikání do kanalizací a vody.

Odpady a prázdné nádrže musí být odstraněny podle zákona o odpadech.

Prázdné nádrže by měly být recyklovány nebo zlikvidovány podnikem, který má licenci k likvidaci odpadů.

Ke stanovení odpadového klíče poukazujeme na Evropský odpadový katalog (Rozhodnutí 94/3/ES a převedení do národního práva.)



## Příloha č. 8

### T-Schälprüfung nach ISO 11339

#### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Betamate 1496F  
Getester Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

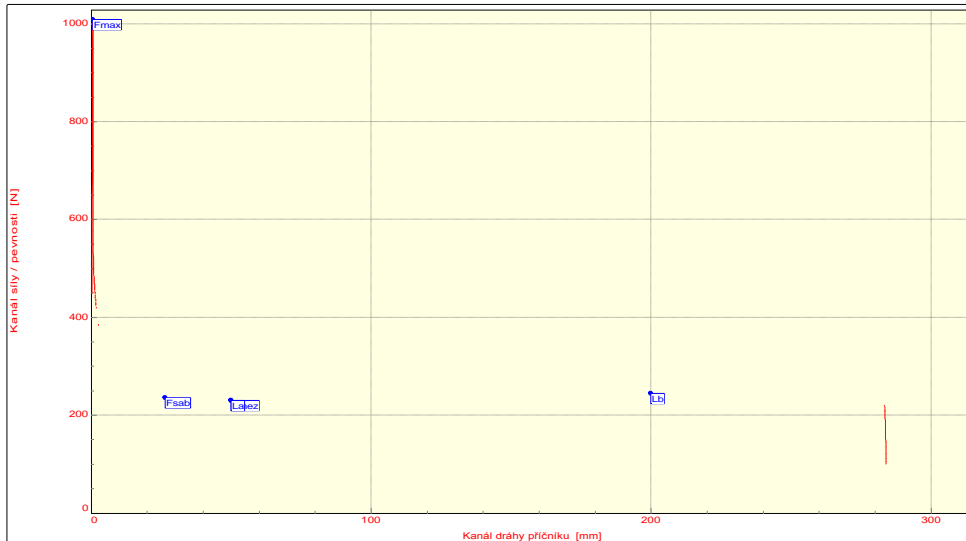
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei RT

#### Schlusswerte

CF: : 10  
SCF: : 90  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	500.21	9.84
2	1008.82	9.58
3	1011.60	9.10
4	839.47	9.25
5	759.12	9.38

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	823.84	9.43
Směrodatná odchylka	211.33	0.29





## Příloha č. 8

### T-Schälprüfung nach ISO 11339

#### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Betamate 1040  
Getester Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

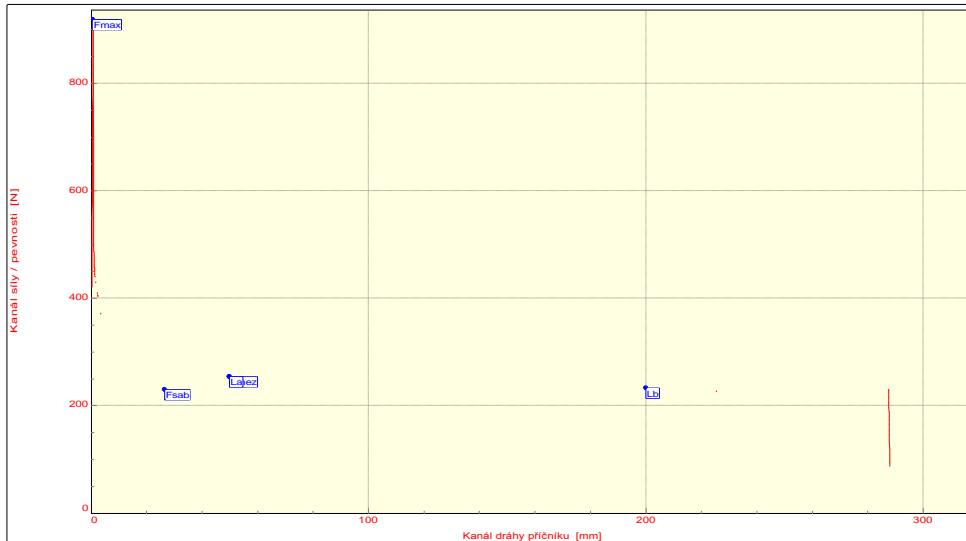
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei RT

#### Schlusswerte

CF: : 100  
SCF: : 100  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	697.71	9.51
2	918.67	9.71
3	498.25	9.53
4	972.02	9.80
5	727.22	9.23

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	762.77	9.55
Směrodatná odchylka	189.45	0.22





## Příloha č. 8

### T-Schälprüfung nach ISO 11339

#### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : SikaPower 492G  
Getester Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

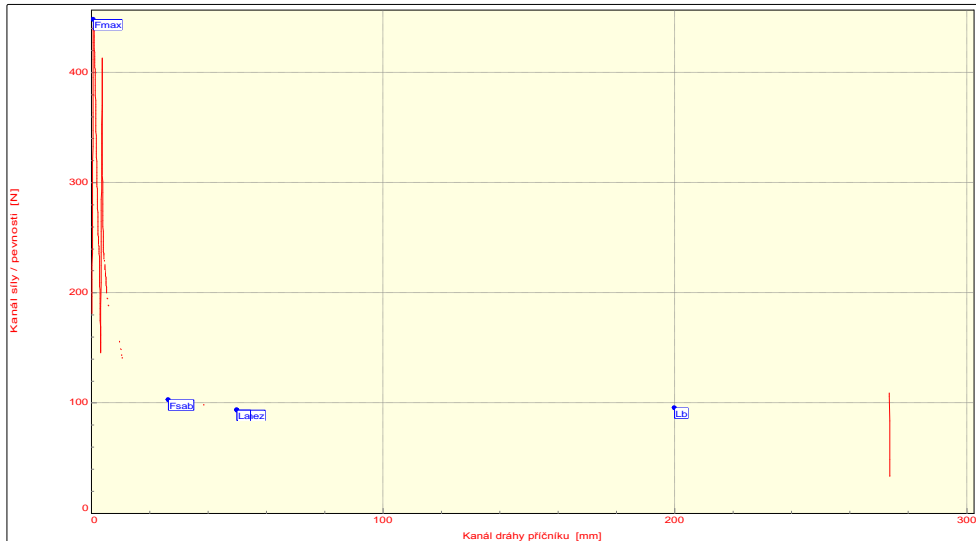
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei RT

#### Schlusswerte

CF: :  
SCF: : 100  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	556.72	3.42
2	701.63	3.48
3	634.18	3.71
4	863.42	4.77
5	448.11	4.51

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	640.81	3.98
Směrodatná odchylka	156.13	0.62





Příloha č. 8

## T-Schälprüfung nach ISO 11339

### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Betaguard RB214BV  
Gesteter Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

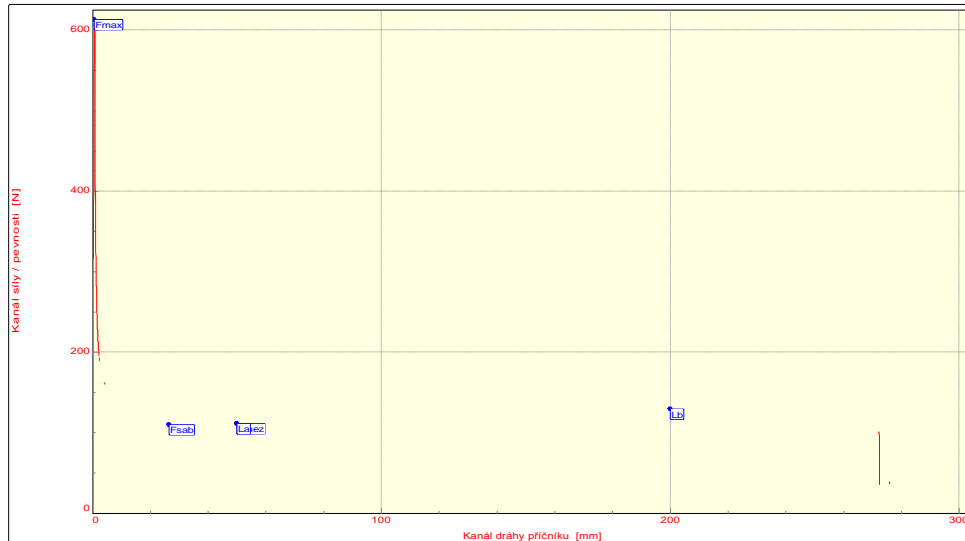
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei RT

### Schlusswerte

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	582.41	5.09
2	503.91	4.76
3	613.11	5.15
4	559.33	5.08
5	624.76	5.01

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	576.70	5.02
Směrodatná odchylka	48.14	0.15





Příloha č. 8

## T-Schälprüfung nach ISO 11339

### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Corabond V  
Gesteter Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

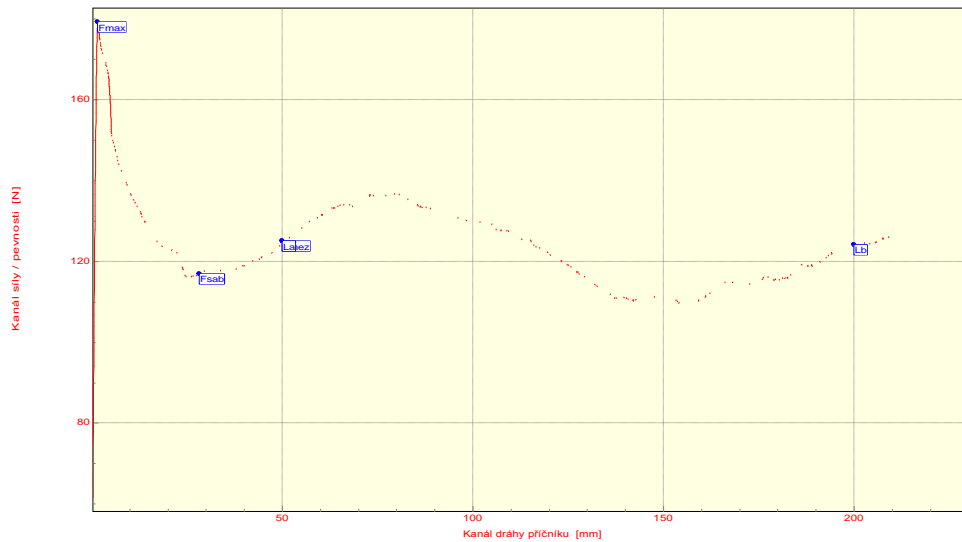
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei RT

### Schlusswerte

CF: : 50  
SCF: :  
AF: : 50

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	73.11	3.80
2	0.00	3.83
3	0.00	4.11
4	179.19	4.92
5	184.20	4.24

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	87.30	4.18
Směrodatná odchylka	91.21	0.45







Příloha č. 9

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

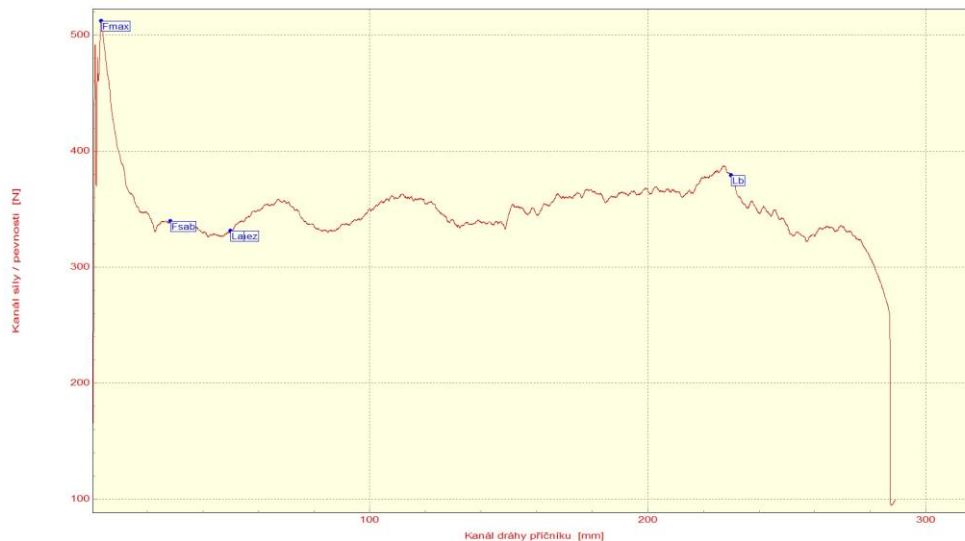
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT.

### VÝSLEDKY

CF: : 80  
SCF: : 20  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	418.02	13.94
2	512.22	14.12
3	541.40	13.70
4	596.60	13.66
5	508.02	13.91

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	517.06	13.86
Směrodatná odchylka	74.72	0.22





Příloha č. 9

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1040  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

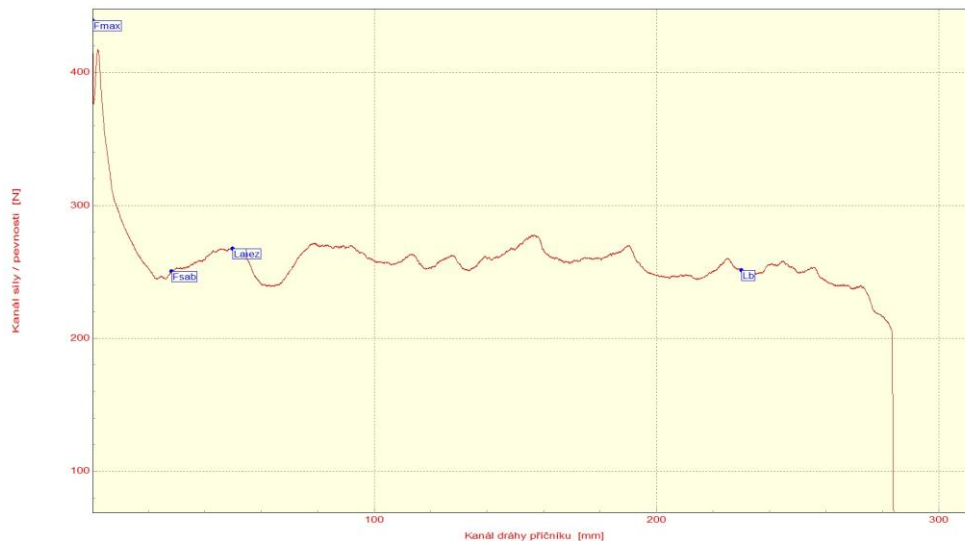
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT.

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	439.04	10.35
2	518.74	9.90
3	608.48	10.24
4	462.02	9.96
5	498.02	10.09

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	507.07	10.11
Směrodatná odchylka	75.45	0.21





Příloha č. 9

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Sika Power 492G  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

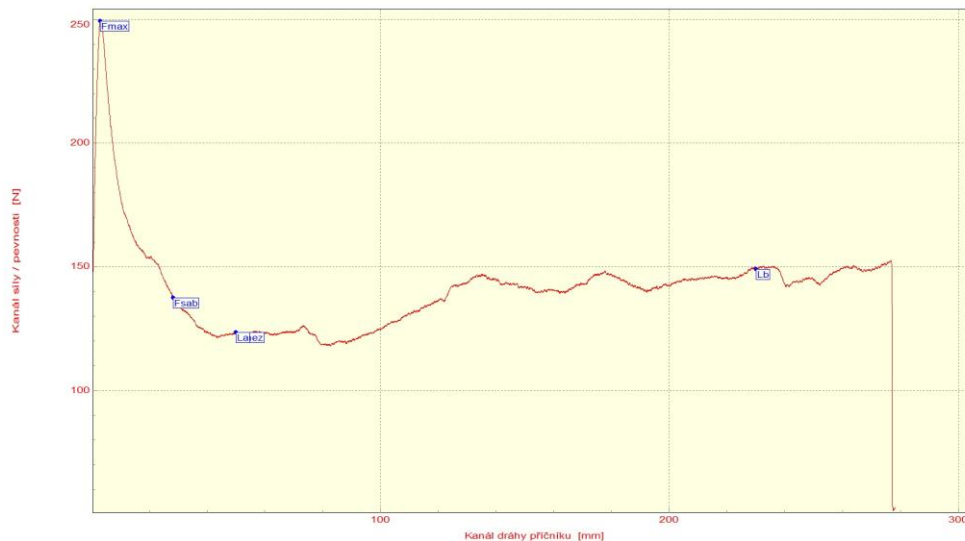
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT.

### VÝSLEDKY

CF: : 90  
SCF: : 10  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	0.00	6.98
2	289.26	5.45
3	275.72	6.34
4	0.00	6.50
5	101.24	6.22

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	131.24	6.32
Směrodatná odchylka	151.93	0.64





Příloha č. 9

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

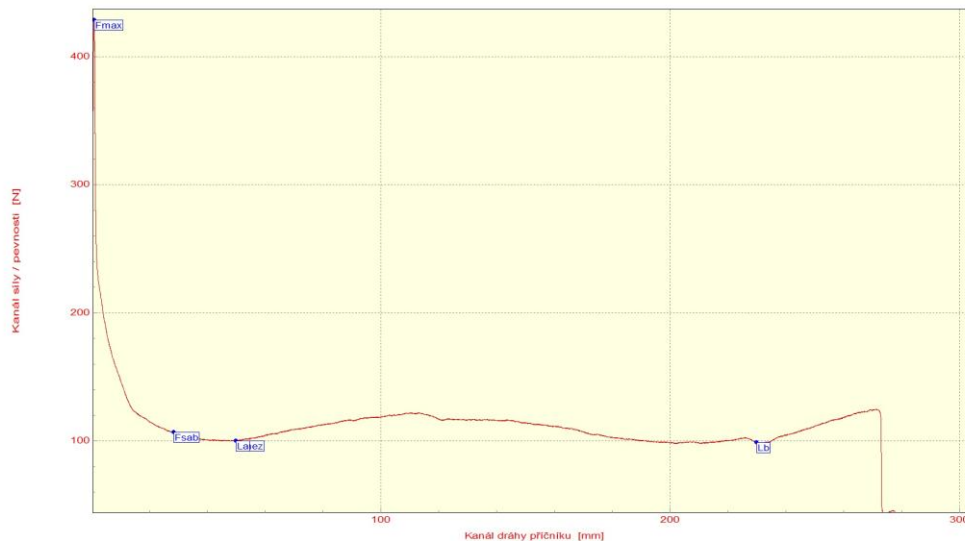
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT.

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	428.70	4.40
2	431.74	4.80
3	375.68	4.76
4	330.92	4.63
5	401.02	4.49

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	391.76	4.65
Směrodatná odchylka	48.04	0.18





Příloha č. 9

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Corabond V  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

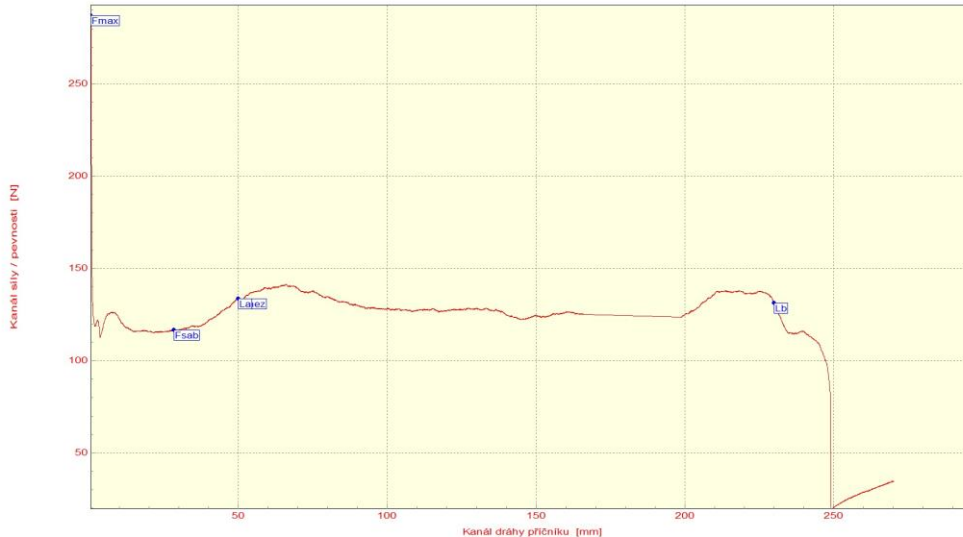
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při RT.

### VÝSLEDKY

CF: : 30  
SCF: :  
AF: : 70

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	287.14	5.24
2	245.44	4.69
3	0.00	4.51
4	261.56	3.67
5	188.02	4.39

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	198.54	4.53
Směrodatná odchylka	133.47	0.65





## T-Schälprüfung nach ISO 11339

### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Betamate 1496F  
Getester Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m2  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

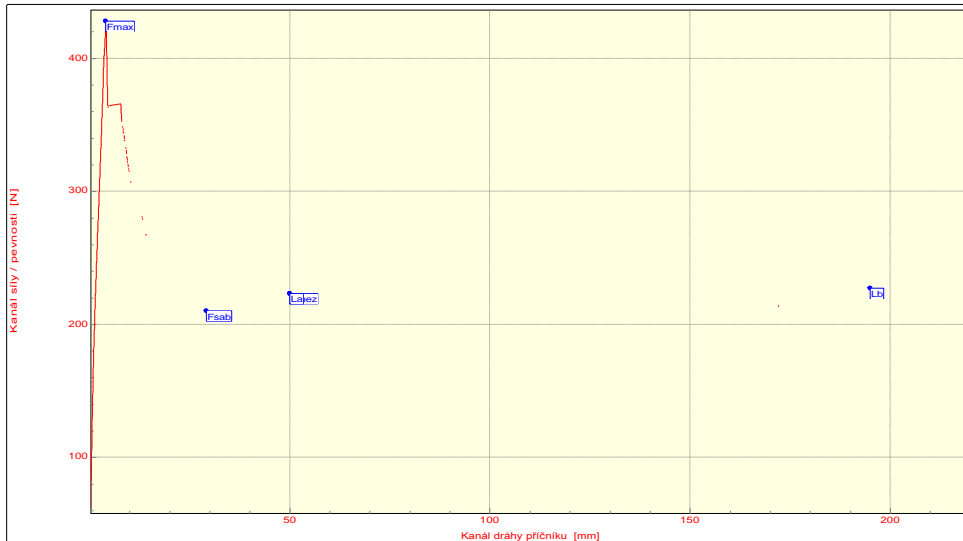
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei 80°C

### Schlusswerte

CF: : 90  
SCF: : 10  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	772.65	8.60
2	254.56	8.14
3	322.87	8.80
4	313.01	8.91
5	428.02	8.99

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	418.22	8.69
Směrodatná odchylka	207.76	0.34





## Příloha č. 10

### T-Schälprüfung nach ISO 11339

#### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Betamate 1040  
Getester Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

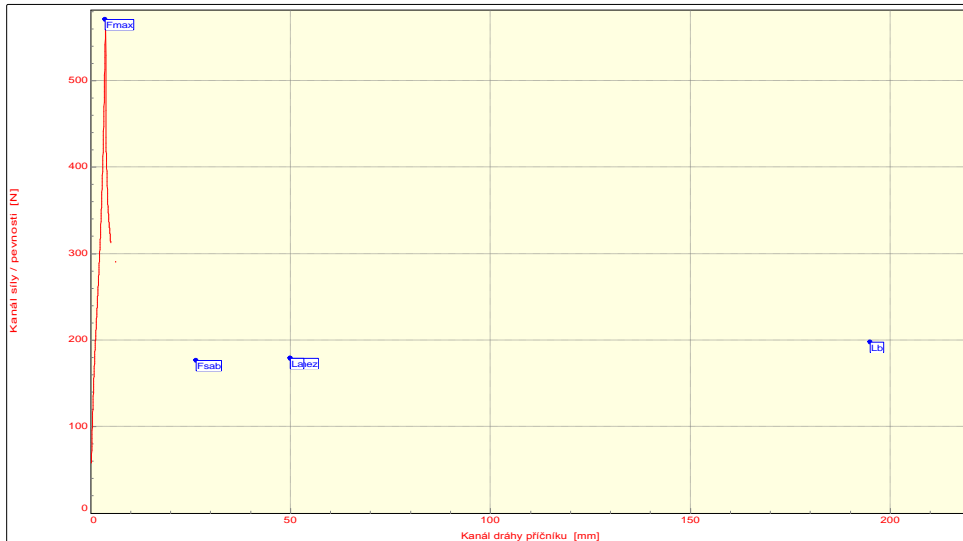
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei 80°C

#### Schlusswerte

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	313.34	7.90
2	486.48	7.62
3	830.68	7.43
4	400.32	7.79
5	570.57	7.35

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	520.28	7.62
Směrodatná odchylka	198.26	0.23





Příloha č. 10

## T-Schälprüfung nach ISO 11339

### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : SikaPower 492G  
Gesteter Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

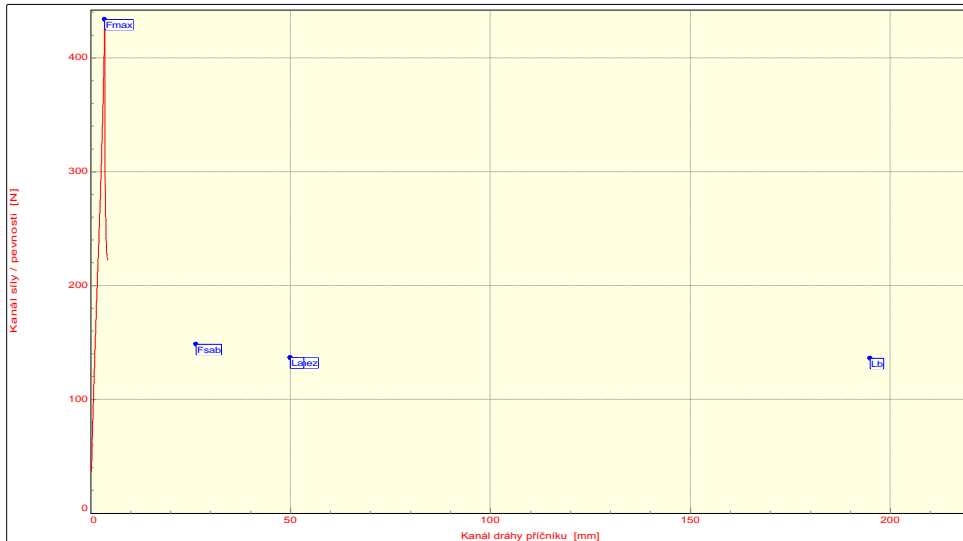
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei 80°C

### Schlusswerte

CF: : 10  
SCF: : 90  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	663.75	4.67
2	411.69	6.41
3	433.68	5.31
4	267.13	5.27
5	352.47	5.41

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	425.74	5.41
Směrodatná odchylka	147.85	0.63







## T-Schälprüfung nach ISO 11339

### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Betaguard RB214BV  
Gesteter Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

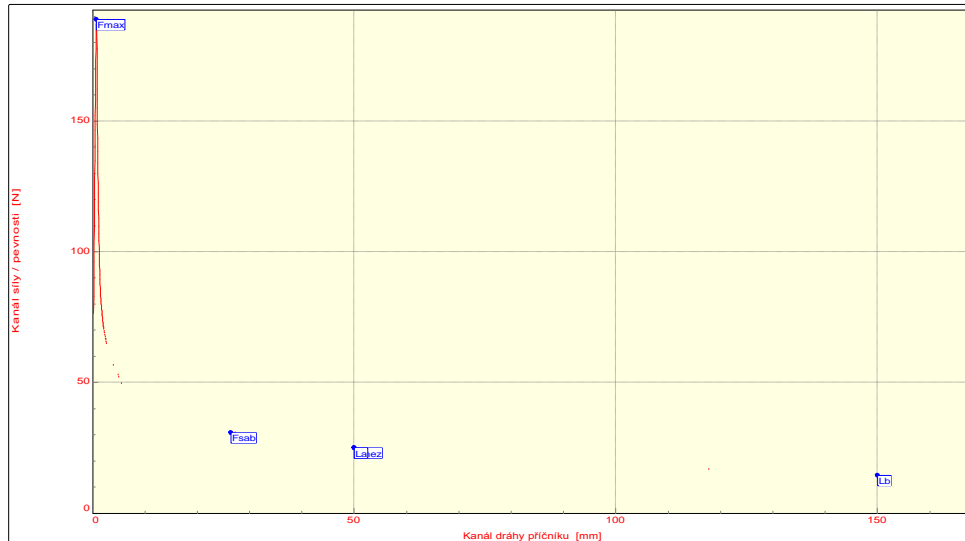
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei 80°C

### Schlusswerte

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	188.81	0.73
2	83.11	0.55
3	124.09	0.71
4	102.27	0.67
5	114.19	0.87

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	122.49	0.71
Směrodatná odchylka	40.09	0.12





## T-Schälprüfung nach ISO 11339

### Eintrittswerte

Getesteter Klebstoff: : Corabond V  
Getester Schmierstoff: : Anticorit PL 3802-39S  
Getestetes Substrat: : NST  
Schmierstoffmenge: : 3g/m<sup>2</sup>  
Schubgeschwindigkeit: : 100mm/min

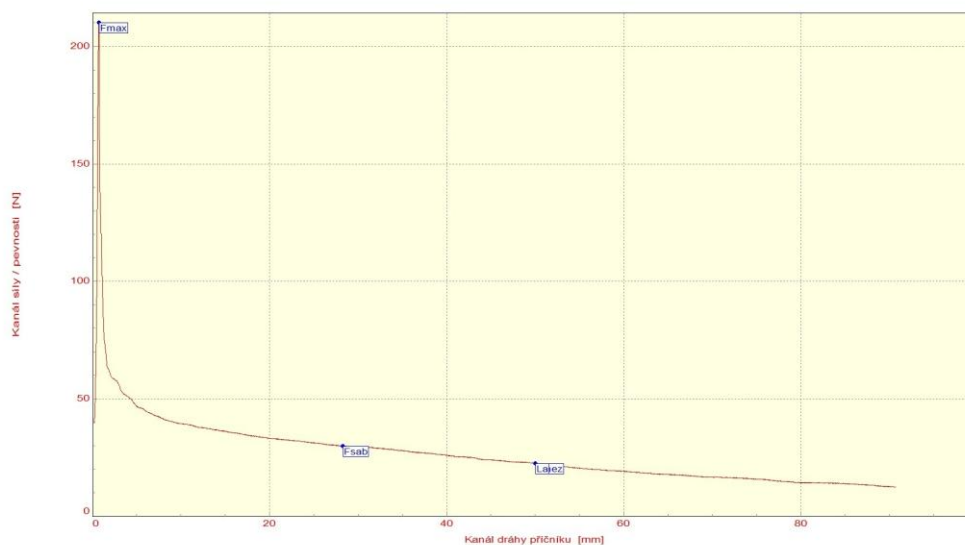
Vorbereitung der Prüflinge: Schmierstoff-Auftragen, 1 Stunde abwarten, Kleben der Prüflinge  
Aushärtung 180°C 20 min.  
Test bei +80°C

### Schlusswerte

CF: : 50  
SCF: :  
AF: : 50

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	20.64	0.14
2	217.29	0.49
3	39.47	0.36
4	210.16	0.71
5	134.19	0.37

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	121.89	0.42
Směrodatná odchylka	106.36	0.24





## Příloha č. 11

# ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

## Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

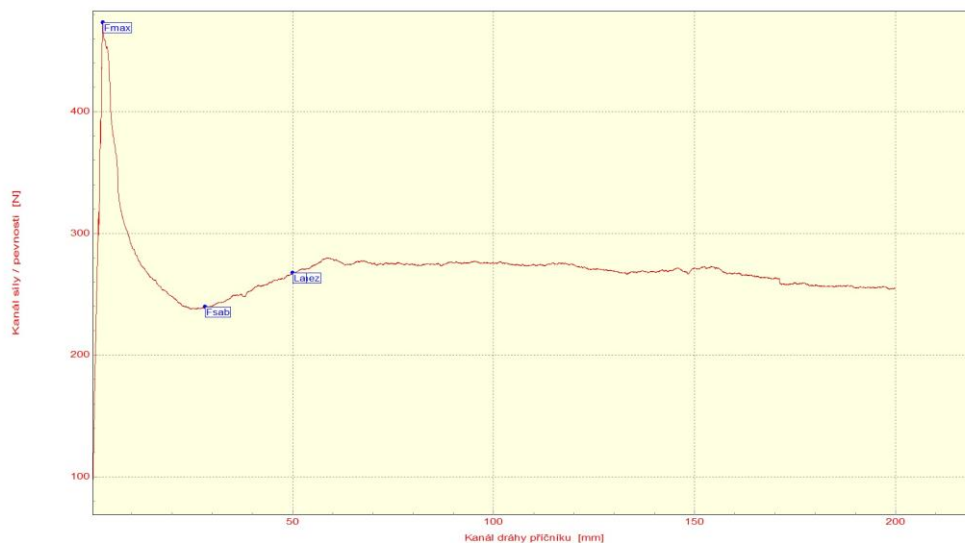
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při +80°C.

## VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	473.36	10.77
2	246.22	9.99
3	254.38	9.87
4	324.50	9.49
5	328.02	9.99

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	324.61	10.03
Směrodatná odchylka	105.20	0.54





Příloha č. 11

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1040  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při +80°C.

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	230.32	8.48
2	245.02	8.08
3	330.50	7.93
4	261.24	7.34
5	248.02	7.99

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	266.77	7.96
Směrodatná odchylka	44.32	0.47





## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Sika Power 492G  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

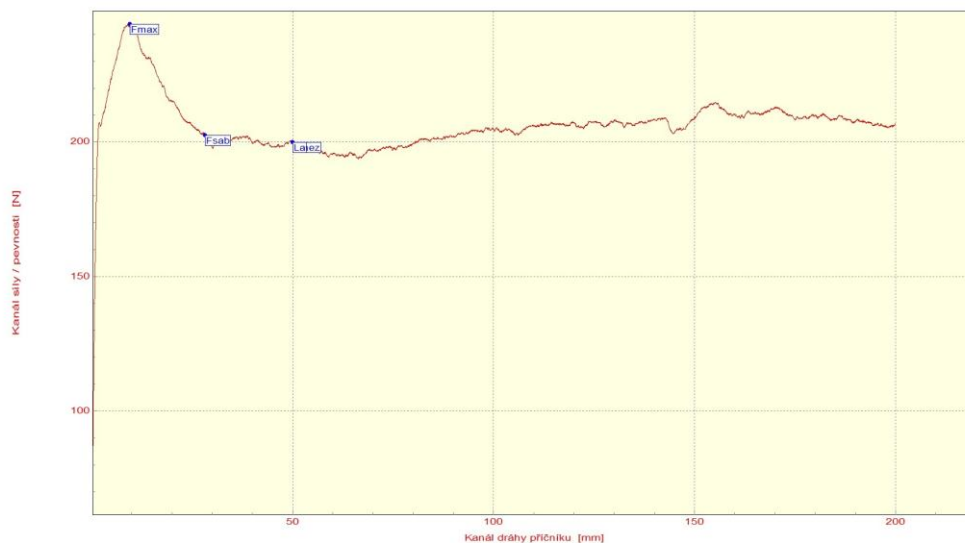
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při +80°C.

### VÝSLEDKY

CF: : 70  
SCF: : 30  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	229.66	7.74
2	364.58	7.98
3	243.82	8.20
4	211.90	7.07
5	248.02	7.69

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	259.99	7.75
Směrodatná odchylka	71.87	0.49





Příloha č. 11

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při +80°C.

### VÝSLEDKY

CF: : 100  
SCF: :  
AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	192.44	0.66
2	63.74	0.51
3	118.28	0.78
4	224.88	0.75
5	128.02	0.59

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	149.84	0.68
Směrodatná odchylka	72.70	0.12





Příloha č. 11

## ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

### Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Corabond V  
Testovaný substrát: : NST  
Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39S  
Množství maziva: : 3g/m<sup>2</sup>  
Rychlost zatěžování: : 100 mm/min.  
Vypracoval: : Ondřej Pytela

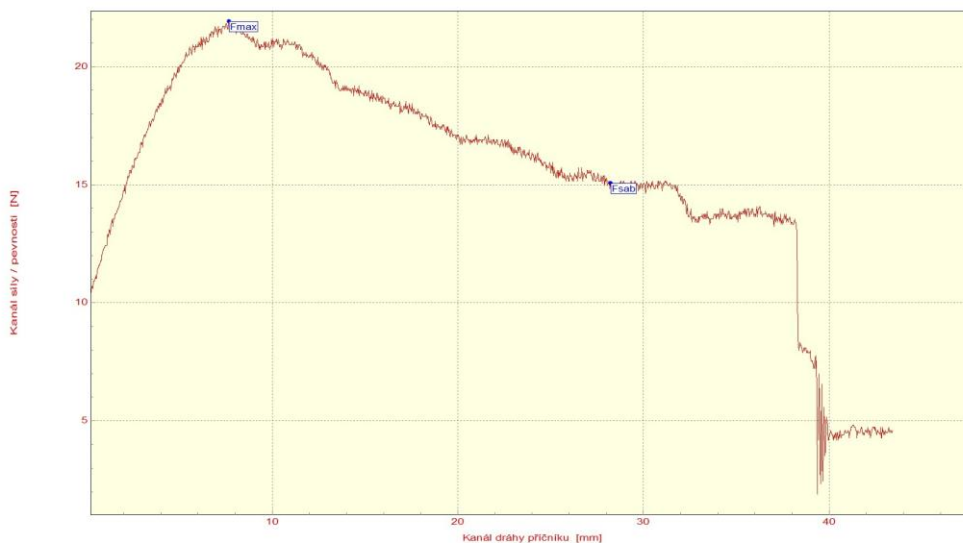
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.  
Vytvrzeno 180°C 20 min.  
Test při +80°C.

### VÝSLEDKY

CF: :  
SCF: :  
AF: : 100

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	42.32	0.22
2	19.96	0.18
3	35.32	0.19
4	21.92	0.60
5	31.92	0.27

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	29.98	0.30
Směrodatná odchylka	10.90	0.20





### Prohlášení

Byl (a) jsem seznámen (a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 24. 5. 2013

Podpis:



## Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the bachelor's thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the bachelor's thesis and a consultant.

Date: 24. 5. 2013

Signature: